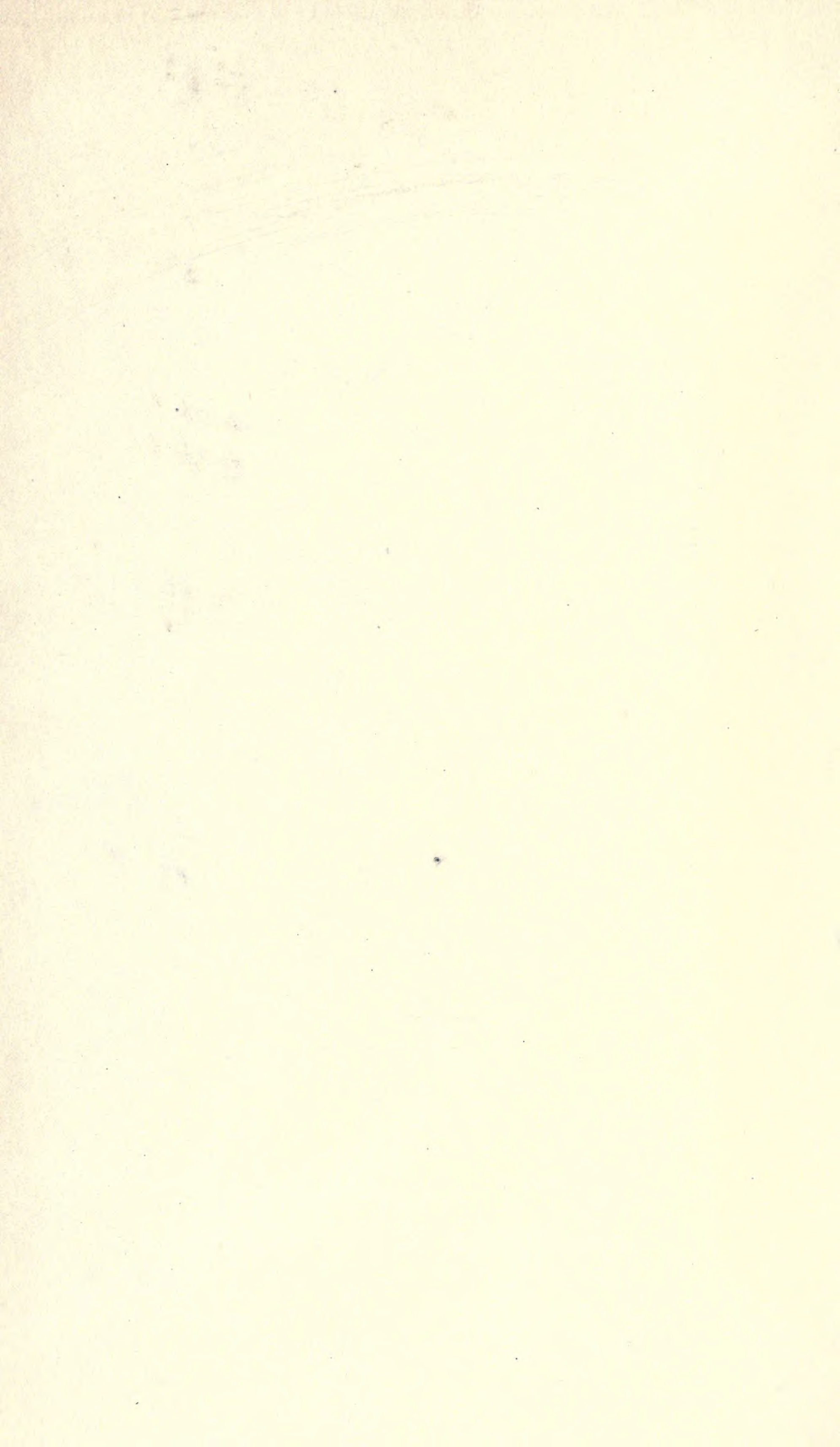
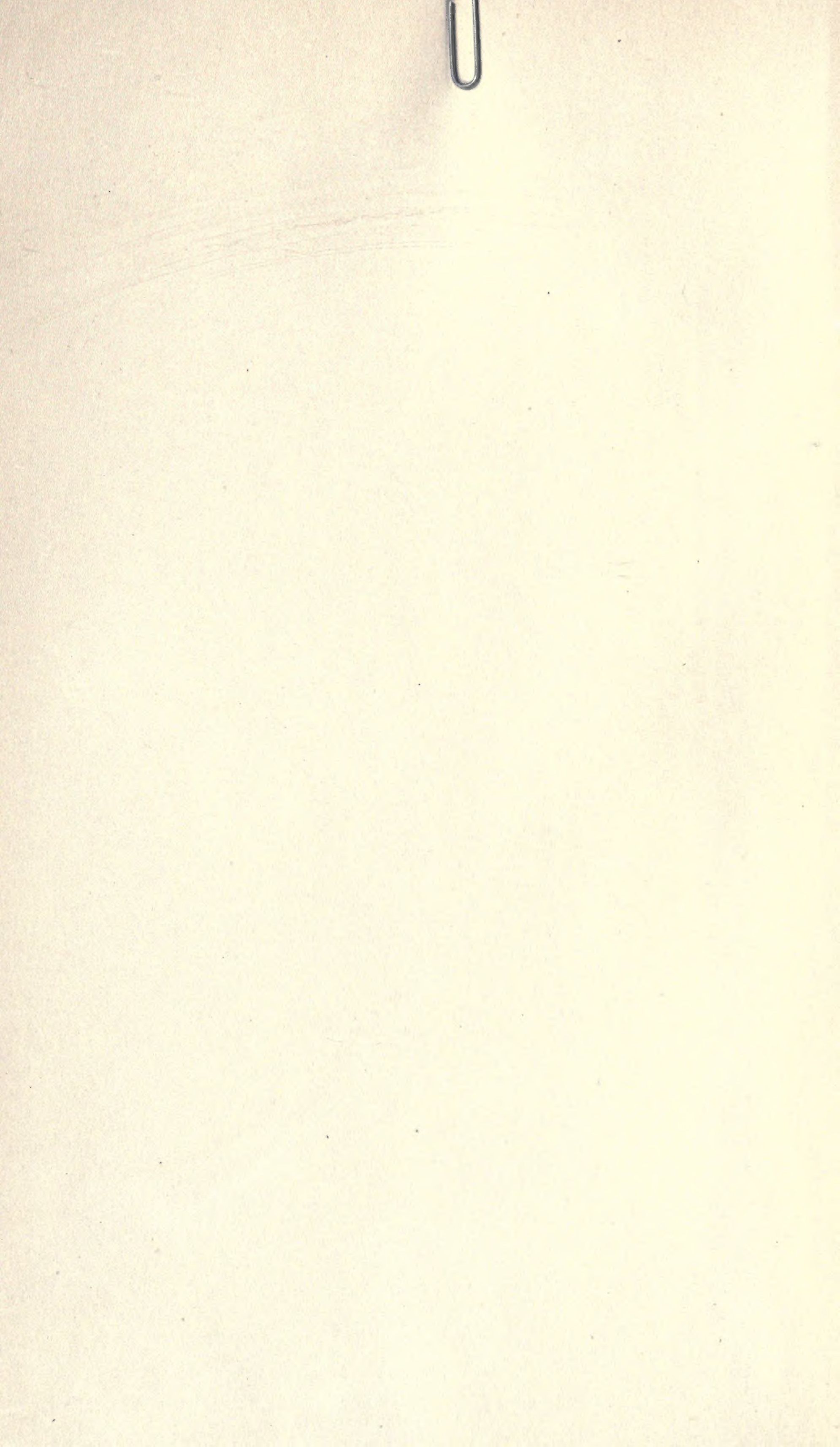












# Handbuch
der
# Pflanzenkrankheiten

Begründet von

**Paul Sorauer**

In sechs Bänden herausgegeben

von

**Prof. Dr. Dr. h. c. Otto Appel**
Geh. Reg.-Rat, Präsident der Biologischen Reichsanstalt
für Land- u. Forstwirtschaft in Dahlem a. D.

und

**Prof. Dr. L. Reh**
Hamburg



BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW 11. Hedemannstraße 28 u. 29
1939

# Handbuch
der
# Pflanzenkrankheiten

**Sechster Band**

## Pflanzenschutz

**Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten**

**Erster Halbband**

Unter Mitarbeit von
Reg.-Rat Prof. Dr. H. Braun / Dr. W. Fischer / Oberreg.-Rat Dr. G. Hilgendorff
Dr. H. Klinger / Oberreg.-Rat Prof. Dr. Morstatt / Präsident Dr. E. Riehm / Reg.-Rat Dr. H. Thiem / Dr. W. Tomaszewski / Oberreg.-Rat Dr. W. Trappmann
Reg.-Rat Dr. A. Winkelmann

herausgegeben von
**Prof. Dr. Dr. h. c. O. Appel**
Geh. Regierungsrat



Mit 63 Textabbildungen

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW 11, Hedemannstraße 28 u. 29
1939

Druck von B. G. Teubner in Leipzig

# Vorwort

Als Paul Sorauer im Jahre 1874 sein „Handbuch der Pflanzenkrankheiten" zum ersten Male herausgab, bestand dasselbe aus einem wenig umfangreichen Band, der in einem größeren Teil die Darstellung physiologischer Krankheiten und in einem kleineren die Beschreibung von Krankheiten, die durch Pflanzen hervorgerufen werden, brachte. Wenn auch das Buch dem damaligen Stande der Wissenschaft entsprach, so war es doch, gemessen an unserer heutigen Auffassung, außerordentlich lückenhaft und zeigte deutlich, daß eine planvolle Bearbeitung aller der Fragen, die zur Erhöhung unserer Erträge zu lösen nötig sind, noch nicht vorhanden war.

Die späteren Auflagen zeigten ein getreues Spiegelbild der Kenntnis der Pflanzenkrankheiten und ihrer Entwickelung. Aber bis zur 4. Auflage kann man deutlich erkennen, daß die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise im Vordergrund stand. Erst in den letzten 30 Jahren hat man sich allmählich darauf besonnen, daß das Studium der Pflanzenkrankheiten nicht nur ein interessantes wissenschaftliches Problem, sondern vor allem eine wirtschaftliche Notwendigkeit bedeutet. Nachdem dann bei der 3. Auflage auch die tierischen Schädlinge mit in das Handbuch hereingezogen waren, gliederte es sich in drei ungefähr gleichwertige Teile, nämlich den der nichtparasitären Krankheiten sowie den der durch Pflanzen und den der durch Tiere hervorgerufenen Krankheiten und Schädigungen.

Der ganzen Anlage des Werkes nach ist die Darstellung entsprechend den Arbeiten auf diesem Gebiete auch heute noch vom Gesichtspunkte der Naturwissenschaften aus erfolgt, wenn auch mehr und mehr die praktisch wirtschaftliche Seite mit berücksichtigt wurde.

Inzwischen hat sich die Einsicht, die weitschauende Forscher schon seit langem hatten, daß nämlich die Pflanzenkrankheiten sowohl privat- als auch volkswirtschaftlich eine sehr große Rolle spielen, allmählich überall Bahn gebrochen, und daraus hat sich weiter ergeben, daß man sich auch mehr dem Ausbau der Bekämpfungsmaßnahmen zuwandte. Neben der Kenntnis der Ursachen und der Entwicklung der Pflanzenkrankheiten mußten nunmehr auch die Vorbeugung und die Heilung auf eine breitere wissenschaftliche Grundlage gestellt werden. So entstand in den letzten Jahrzehnten eine ganz neue Richtung, die als Pflanzenschutz zu bezeichnen ist. Nach wie vor bildet natürlich die eingehendste Kenntnis der gesunden und kranken Pflanzen die Grundlage aller dahingehenden Bestrebungen; aber mit der Entwicklung der verschiedenartigsten Hilfsmittel zu ihrer Bekämpfung wurden außer Botanik und Zoologie auch die Chemie und die Technik sowie die Kenntnis von gesetzgeberischen und Verwaltungs-Maßnahmen von immer größerer Wichtigkeit.

Dies veranlaßte mich schon vor Jahren zu dem Entschluß, das „Handbuch" um einen Band zu erweitern, der alle diese Belange in einer übersichtlichen Darstellung behandelt. Der Inhalt eines solchen Bandes muß neben der wirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes zunächst eine ausführliche Darlegung seiner Aufgaben bringen, die einerseits die Verhütung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (Hygiene) und andererseits ihre Bekämpfung (Therapie) umfassen. Unter Hygiene fallen die Kultur-, Entseuchungs- und Absperrmaßnahmen, während die Therapie die physikalischen, chemischen und biologischen Methoden der Bekämpfung umfaßt. Dabei sind besonders auch die Methoden zu ihrer Prüfung und der daraus folgenden Kontrolle der Mittel in chemischer und biologischer Wirkung behandelt Aber auch die technischen Hilfsmittel, wie die verschiedenartigsten Apparate, bedurften einer einheitlichen Bearbeitung. Ein weiterer Teil umfaßt die Bewertung des Saat- und Pflanzgutes, wie er in der Saaten- und Pflanzgutanerkennung, der Samenkontrolle und der Feststellung von Sortenechtheit und -reinheit zum Ausdruck kommt. Auch die Fragen der Züchtung immuner Sorten sowie die biologische Bekämpfung mußten berücksichtigt werden.

Ferner mußte der Pflanzenschutzdienst, der inzwischen in einer ganzen Reihe von Staaten eingerichtet ist, in seinen Aufgaben und Einrichtungen grundlegend dargestellt werden, wie auch ein Überblick über die Pflanzenschutzgesetzgebung geschaffen werden mußte.

Endlich soll dieser Band auch einen zuverlässigen Führer durch die grundlegende Literatur geben.

Schon aus diesem Überblick ist ersichtlich, ein wie umfangreiches Material bearbeitet werden mußte. Es war daher auch nötig, diesen Band, wie Bd. I, in zwei Halbbänden erscheinen zu lassen.

Daß eine solche Darstellung, wenn sie den Charakter einer monographischen Bearbeitung tragen soll, nicht von einem Einzelnen, sondern von einer ganzen Anzahl von Spezialisten erfolgen muß, ist in der heutigen Zeit selbstverständlich. Eine solche Zusammenarbeit bringt aber auch allerlei Schwierigkeiten mit sich, um so mehr, als sich die einzelnen Abschnitte überschneiden und es nicht immer vermieden werden konnte, daß einzelne Fragen von verschiedenen Gesichtspunkten aus behandelt worden sind.

Auch ist bei der noch stark im Fluß befindlichen Materie es nicht zu vermeiden gewesen, daß manche Kapitel mehr lehrbuchmäßig dargestellt sind. Das hat aber andererseits den Vorteil, daß dadurch die noch bestehenden Lücken in unserem Wissen deutlicher hervortreten.

Wie schon bei den vorhergehenden von mir herausgegebenen Bänden, so habe ich auch diesmal wieder Herrn Oberregierungsrat Dr. Stapp ganz besonders zu danken für seine viel Mühe erheischende Mitarbeit bei der Herausgabe. Auch der Verlagsbuchhandlung bin ich zu großem Dank verpflichtet für das verständnisvolle Eingehen auf die sich während der Ausarbeitung ergebenden Wünsche und die damit verbundene Verzögerung der Fertigstellung der Handschrift. Endlich danke ich auch allen Bearbeitern der einzelnen Abschnitte für ihre Mitarbeit; ihre Namen finden sich auf dem Titelblatt und über jedem einzelnen der von ihnen bearbeiteten Abschnitte.

Wenn ich nun diesen neuen Band all' denen vorlege, die davon Nutzen haben sollen, so bin ich mir wohl bewußt, daß ihm vielleicht noch allerlei Mängel anhaften werden. Das ist selbstverständlich, da es sich um einen ersten Versuch handelt, ein verhältnismäßig junges Gebiet in einem Handbuch zusammenzufassen. Dankbar wäre ich jedem, der Verbesserungsvorschläge hat, wenn er mir dieselben mitteilte, damit ich sie in einer neuen Auflage, die ich noch zu erleben hoffe, berücksichtigen kann. Mein höchster Wunsch ist es aber, daß auch dieser Band Nutzen stiftet und allen denen, die im Pflanzenschutz tätig sind oder sich ihm zuwenden, ein wertvolles Hilfsmittel ist, zu dem sie gern greifen.

Berlin-Zehlendorf, im Dezember 1938. Dr. Otto Appel.

# Inhaltsverzeichnis

Erster Abschnitt

# Die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes

Von Oberregierungsrat Prof. Dr. H. Morstatt, Berlin-Dahlem



Unabhängig von einer wissenschaftlichen Umgrenzung des Krankheitsbegriffes bei den Pflanzen hat der Pflanzenschutz die Aufgabe, Ertragsschäden an den Nutzpflanzen auszuschalten oder herabzumindern. Als einer praktischen Maßnahme in der Arbeit des Pflanzenbaues, des wichtigsten Zweiges der Wirtschaft und zugleich ältesten der menschlichen Kultur, kommt dem Pflanzenschutz eine unmittelbare wirtschaftliche Bedeutung selbstverständlich zu. Ist diese wirtschaftliche Bedeutung an sich unbestritten, so muß doch der Nachweis ihres Umfanges den Gegenstand eingehender Untersuchung bilden. Denn gerade als praktische Maßnahme ist die Anwendung des Pflanzenschutzes schlechthin eine Frage der Rentabilität sowohl im Einzelfalle wie für das Ganze der Wirtschaft und den Staat. Für beide richtet sich das Maß der zu leistenden Aufwendungen nach dem möglichen Erfolg und nach der Größe der zu vermeidenden Schäden. So teilt sich der Nachweis der wirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes in die drei Probleme: die Vorfrage nach der Höhe der regelmäßig oder periodisch auftretenden Schädigungen und die Fragen der Kosten und des Erfolges der Pflanzenschutzmaßnahmen. Am einfachsten sind hierbei naturgemäß die Kosten der Maßnahmen zu berechnen, während die Abschätzung der Schäden, insbesondere der Anteil einzelner Ursachen oder Erreger an ihnen, vielfachen Schwierigkeiten begegnet und schließlich die Erfolge ausgeführter Maßnahmen zwar in der Regel durch Vergleich mit ungehinderter Auswirkung von Schäden einfach und sicher gemessen werden können, sich aber in den Fällen, wo drohende Gefahren von vornherein und vollständig unterdrückt werden, einer genauen Berechnung überhaupt entziehen.

Im Umfang seiner Leistungen hat der moderne Pflanzenschutz längst einen Stand erreicht, auf dem seine wirtschaftliche Bedeutung nicht mehr nur als Angelegenheit des produzierenden Pflanzenbauers anzusehen ist, sondern sich durch Übergreifen auf die Sicherung der Volksernährung und der Ausfuhrproduktion als ein Faktor volkswirtschaftlichen Interesses auswirkt. Auch diese volkswirtschaftliche Leistung ist einer Erörterung zu unterziehen, wenn die Bedeutung des Pflanzenschutzes umfassend gewürdigt werden soll.

# I. Schäden

## 1. Art der Schäden

Die Mißjahre als Ursache von Hungersnöten, von denen die Geschichte berichtet und die durch bessere Kulturmethoden und durch den erleichterten Verkehr in ihren schlimmsten Wirkungen gemildert sind, aber in unentwickelten Ländern auch heute noch mit unverminderter Heftigkeit auftreten, sind Dürrejahre und von unserem Standpunkte aus Folgen der Wachstumsschädigung infolge von Regenmangel. Auch sonst sind die durch atmosphärische Einflüsse hervorgerufenen nichtparasitären Krankheiten nach Umfang und Bedeutung die wichtigsten Pflanzenkrankheiten, wie neben den Dürreschäden die Schäden durch Nässe und Kälte (z. B. Spät- und Frühfröste) zeigen. Außer diesem etwa zwei Drittel aller durchschnittlichen Schäden umfassenden Anteil sind die klimatischen Einflüsse auch noch das wichtigste begünstigende Moment bei der Entstehung der übrigen, durch Pflanzen (parasitische Pilze, Bakterien und Unkräuter) und durch Tiere verursachten Schäden.

Da wir die klimatischen Faktoren nicht regulieren können, ist der Pflanzenschutz hier durchweg auf vorbeugende Maßnahmen angewiesen, die sich auch in diesem Falle am engsten mit den sonstigen Maßnahmen des Anbaues, den Kulturmethoden berühren, und sicher hat die Rücksicht auf Krankheiten und Schäden unbewußt auf die Ausbildung vieler Anbaumethoden entscheidend eingewirkt. Daher ist die Behauptung, daß die Pflanzen durch die Kultur anfälliger gegen Krankheiten und Schädlinge werden, als allgemeine Behauptung durchaus nicht gerechtfertigt[1]).

Um die Bedeutung der pflanzlichen Krankheiten und tierischen Schädlinge ganz allgemein zu veranschaulichen, genügt es, nur wenige Beispiele anzuführen. Es sind hier vor allem die Getreidekrankheiten Rost und Brand und das Mutterkorn zu nennen, von denen die Geschichte oft berichtet, die Krautfäule der Kartoffel, die Schorfkrankheiten des Obstes, die Holzfäulen. Von Insekten gehören zu den schädlichsten die in Verbindung mit Dürrejahren an allen Kulturen verderblichen Heuschrecken, die schon in der Bibel mehrfach erwähnt werden, und die in ihrer Gesamtheit ebenso allgemein gefährlichen Raupen. Gegen größere Wirbeltiere hat der Mensch sich schützen gelernt, aber die Feldmäuse, ebenso von Trockenheit begünstigt wie die Heuschrecken, sind für das gemäßigte Klima oft von ähnlicher Bedeutung. Auf weitere Einzelbeispiele einzugehen, kann hier nicht der Ort sein; sie zu schildern ist der Zweck der übrigen Bände dieses Handbuches. Es sei nur noch gesagt, daß den genannten Beispielen, die die Kulturgeschichte begleiten, zahlreiche andere gegenüberstehen, in denen Großschädlinge gleichzeitig mit ihren Nährpflanzen oder später durch den Verkehr in andere Länder verschleppt wurden. Für Europa gehören hierzu die Mehltaupilze des Weinstockes und der Kartoffel, die bakteriellen Erreger des Wildfeuers bei Tabak und der Fettfleckenkrankheit der Bohnen, die Blutlaus, der Kolorado-

[1]) Näheres hierüber s. Morstatt, H., Über die Frage der Zunahme der Pflanzenkrankheiten. Mitt. Biol. Reichsanst. Nr. 48, 1934, 63—72.

käfer, die Reblaus. Reicher an solchen Einschleppungen ist der nordamerikanische Kontinent; erwähnt seien nur Weymoutskiefernrost, Hessenfliege, Maiszünsler, Schwammspinner, japanischer Käfer, Baumwollkapselkäfer und roter Kapselwurm.

Die erwähnten Beispiele zeigen auch, daß wir, von den witterungsbedingten Schwankungen im Auftreten aller Schädlinge abgesehen, ein stationäres Auftreten mit regelmäßig vorkommenden Schäden und ein periodisches Auftreten, bei dem unmerkliche Schäden mit Jahren der Massenvermehrung nach Art der Epidemien wechseln, unterscheiden können. Haben einerseits die regelmäßigen durchschnittlichen Schäden früher viel zu wenig Beachtung gefunden, so daß ihre Bedeutung nicht erkannt oder unterschätzt wurde, so stellen anderseits die als „Plagen" oder „Seuchen" auftretenden Großschäden den Pflanzenschutz stets vor besonders schwer zu lösende Aufgaben.

Die Schäden aller dieser Krankheitserreger und Insekten sind zunächst Ertragsminderungen, die mengenmäßig wirken, aber sie wirken auch bei jedem Produkt mehr oder weniger qualitätsmindernd[1]). Als Qualitätsschäden im besonderen oder technische Schäden gelten solche, bei welchen wie bei Früchten oder Holz die reine Ernteminderung gegenüber der Qualitätsminderung ganz in den Hintergrund tritt.

Auch in der Art einer Kultur und des von ihr stammenden Produktes liegen wesentliche Unterschiede des Auftretens wie auch der Bekämpfungsmöglichkeit von Schäden. Am deutlichsten sind diese bei Feldkulturen einjähriger Gewächse gegenüber den ausdauernden Baumkulturen, bei denen schon Größe und Wert der Einzelpflanze ein anderes Eingreifen gestatten. Die mit der Intensivierung der Kultur zunehmende Größe der einzelnen Anbauflächen, die auf Neuland lange Zeit übliche Monokultur ohne geregelte Fruchtfolge und das Fehlen andersartiger Gewächse auf weite Flächen bei der Ausbildung der sogenannten Kultursteppe schaffen ebenfalls besondere Bedingungen, welche das Umsichgreifen von Krankheiten und die Vermehrung mancher Schädlinge begünstigen können. Ebenso bedingen naturgemäß Klimaunterschiede ein verschiedenes Auftreten von Krankheiten und Schädlingen. Im jeweiligen Klima sind die an der Grenze der Anbauwürdigkeit stehenden Gewächse besonders gefährdet, wie das Beispiel des mitteleuropäischen Weinbaues zeigt, während kontinentales und Seeklima, gemäßigtes und tropisches Klima ihre eigenen Besonderheiten im Auftreten von Pflanzenkrankheiten zeigen. So ist kontinentales Klima reicher an Bakteriosen und durch besonders rasches Aufflackern von Epidemien ausgezeichnet, während im Tropenklima durch das Fehlen der winterlichen Ruhezeit die Insekten eine größere Rolle gegenüber den Pilzkrankheiten spielen.

## 2. Ermittlung der Schadenswerte

Die richtige Einschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes setzt zuallererst eine Kenntnis des Wertes der durch Pflanzenkrankheiten und

[1]) Eine genaue Feststellung und Vergleichung quantitativer und qualitativer Schäden findet sich bei Klemm, M., Schwarzrostauftreten in Deutschland und Südosteuropa im Jahre 1932. Landw. Jahrb. **80**, 1934, 333—351.

Schädlinge eintretenden Verluste voraus.[1]) Nicht nur für die allgemeine Würdigung der Notwendigkeit, Pflanzenschutz zu betreiben, ist die Kenntnis der Größe der Schäden und ihres Verhältnisses zur Pflanzenproduktion wesentlich, sie muß auch die Grundlage bilden für alle Entschlüsse über Aufwendungen an Geldmitteln und Arbeit zur Ausführung von Pflanzenschutzmaßnahmen. Dies gilt sowohl für die jeweiligen Maßnahmen einzelnen Schäden gegenüber, soweit zunächst nur das Interesse des einzelnen Produzenten in Frage steht, wie auch für die im öffentlichen Interesse gelegene allgemeine Förderung des praktischen Pflanzenschutzes und der Pflanzenschutzforschung. Dem Staate fällt hier die Fürsorge nicht nur, wie bei anderen Wirtschaftszweigen, für Unterricht und Ausbildung zu, sondern auch für die Forschungstätigkeit und weitgehend noch für die Aufklärung der praktischen Kreise und ihre tägliche Beratung. Es gibt noch wenige Beispiele für die Ausübung der pflanzenärztlichen Tätigkeit als freien Beruf und auch der Unterhalt der Forschung durch private Organisationen ist nur teilweise, und zwar besonders in den Großunternehmungen der Kolonialländer verwirklicht. Daher ist der Pflanzenschutz auf das Verständnis für seine Bedeutung seitens der Allgemeinheit und der maßgebenden Stellen angewiesen, das durch nichts so einleuchtend geweckt wird als durch genaue Zahlenangaben. Im besonderen können exakte Schätzungen auch Aufklärung über die relative Bedeutung der einzelnen Schädlinge und Krankheiten ergeben und damit dazu führen, daß die wichtigsten Schäden rechtzeitig erkannt und bekämpft werden; ebenso wird dadurch auch die Auswahl der anzuwendenden Verfahren erleichtert, denn hochwertige Kulturen können kostspieligere Maßnahmen tragen, und werden durchgreifende Maßnahmen, auch wenn sie ungewöhnlichen Aufwand erfordern, durch besonders große Schäden gerechtfertigt.[2])

Trotz aller dieser Gründe hat sich die zahlenmäßige Schadensermittlung im kleinen wie im großen nur sehr langsam durchgesetzt. Sie ist für die Einzelberechnung der Bekämpfungsmaßnahmen heute noch zu wenig üblich und auch als Ganzes im Rahmen der Wirtschaftsstatistik erst in wenigen Ländern in Angriff genommen. Die erste ausführlich begründete Gesamtschätzung für die jährlichen Insektenschäden hat Marlatt[3]) in den Vereinigten Staaten im Jahre 1904 zusammengestellt. Seit 1909 ist dann in der Union eine jährliche Statistik aller Schäden an den zehn wichtigsten Kulturen des Landes eingerichtet worden, deren genaue Ergebnisse für die Jahre 1909—1918 mit den Durchschnittszahlen für die Dekade vorliegen.[4]) Für andere Länder ist man auf allgemeine Schätzungen der jährlichen Gesamtverluste angewiesen, die auch mehrfach vorliegen; doch ist

[1]) Vgl. hier und im folgenden: Morstatt, H., Die jährlichen Ernteverluste durch Pflanzenkrankheiten und Schädlinge und ihre statistische Ermittelung. Berichte über Landwirtschaft, Neue Folge **9**, 1929, 433—477.

[2]) Auf die Bedeutung des Sammelns gründlicher statistischer Angaben über den mittleren Verlust durch Krankheiten hat indessen schon Schleiden, Die Physiologie der Pflanzen und Tiere, Braunschweig 1850, S. 474, hingewiesen.

[3]) Marlatt, C. L., The annual loss occasioned by destructive insects in the United States. U. S. Dept. Agric., Yearbook 1904, 461—474.

[4]) Valgren, V. H., Crop insurance: risks, losses, and principles of protection. U. S. Dept. Agric., Bull. Nr. 1043, 1922.

die Einrichtung einer Schadensstatistik im Deutschen Reich in Angriff genommen. Hier wurde bisher nur der Umfang der Hagelschäden, für die eine Versicherung besteht, und der Auswinterungsschäden, d. h. genauer der wegen Auswinterung umgepflügten Flächen, statistisch erfaßt. Für einen Sonderfall, die bei dem Saatenanerkennungsdienst der landwirtschaftlichen Körperschaften wegen Krankheiten aberkannten Flächen, werden die Zahlen jährlich von der Biologischen Reichsanstalt zusammengestellt. Neuerdings hat nun zuerst der bayerische Pflanzenschutzdienst Gesamtergebnisse über Schäden der Getreideernte, der Hackfruchternte und der Futtergewächse für 1929 veröffentlicht.[1]) Auch für die Provinz Schleswig-Holstein liegen Zahlen einer genauen Abschätzung der Hauptkulturen für das Jahr 1929 vor.[2])

Der Einrichtung einer zahlenmäßigen Schätzung der jährlichen Ernteschäden hat bisher vielfach im Wege gestanden, daß statistische Erhebungen im Pflanzenschutz sich zunächst im Interesse der Forschung auf das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen bezogen und daß man hierbei nicht immer genügend zwischen Befall und Schaden unterschied. Auch allgemeine Einwendungen gegen die Möglichkeit der Durchführung und die erreichbare Genauigkeit einer solchen Statistik wurden laut, die durch das Bestehen der Saatenstandsberichterstattung und der Erntestatistik in den Kulturländern und deren praktische Bedeutung für Wirtschaft und Handel widerlegt sind.

Es ist festzuhalten, daß Befall und Schaden durchaus verschiedene Begriffe sind und daß ebenso ihre Ermittlung verschiedenen Zwecken dient. Stärke des Befalls und Schadensgröße decken sich nur in wenigen Fällen; es kann sich bei allgemeinem Befall durch eine Krankheit oder allgemeinem Auftreten eines Schädlings nur ein geringer Schaden herausstellen, anderseits kann ein nur teilweiser Befall einen relativ großen Teil der Ernte vernichten. Die Art des Schädlings oder die Krankheitsursache, die befallenen Organe der Pflanze und der Zeitpunkt des Befalls spielen hierbei eine große Rolle. Insbesondere kann die Witterung während und nach dem Befall die Schädigung weitgehend ausgleichen.[3])

Die Ermittlung des Befalls, d. h. des Auftretens von Krankheiten und Schädlingen, kann zwar ebenfalls nach statistischen Methoden vorgenommen werden (*biometrical method* der Amerikaner); sie dient aber nur der epidemiologischen Forschung und hat als Hauptzweck die Voraussagung von Schäden. Die Schadensschätzung hat dagegen eine praktisch-wirtschaftliche Aufgabe und soll die tatsächlich eingetretenen Schäden zahlenmäßig angeben. Daher findet bei ersterer, ähnlich wie bei der Saatenstandsberichterstattung, meist nur eine Bewertung nach Graden statt, deren Bedeutung für den Einzelfall festgelegt werden muß. So wird z. B. in Deutschland für die monatlichen Beobachtungen während der Vegetationszeit ein Schema verwendet, das den 5 Gruppen der

---

[1]) Korff und Böning, Bericht über das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen usw. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau und -schutz **7**, 1929, Heft 7 u. 9.

[2]) Wie hoch schätzt die Praxis die durch Pflanzenkrankheiten und -schädlinge bewirkten Ertragsausfälle? Landw. Wochenblatt für Schleswig-Holstein **80**, 1930, 174—176.

[3]) Beispiele s. Reh, L., Düngung und Insektenbefall. Ztschr. angew. Entom. **3**, 1916, 127—133.

Saatenstandsberichterstattung (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = mittel, 4 = gering, 5 = sehr gering) entspricht:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 = | 0 | befallene Pflanzen = | ohne Befall = | keine Schädigung |
| 2 = | 1— 5% | „ „ = | schwacher „ = | schwache „ |
| 3 = | 5—10% | „ „ = | mittlerer „ = | mittlere „ |
| 4 = | 11—20% | „ „ = | starker „ = | starke „ |
| 5 = | über 20% | „ „ = | sehr „ „ = | sehr „ „ |

Man ersieht daraus, daß dieses Schema nur dann gilt, wenn die Pflanze oder ihre zu erntenden Teile durch den Befall ganz vernichtet werden; wird sie aber durch ihn nur geschwächt, so entsprechen höheren Befallsgraden niedrigere Schadensgrade. In letzterem Falle gilt auch der Befund nur für den jeweiligen Zeitpunkt der Beobachtung, und es kann bis zur Ernte noch eine Erholung der Pflanzen oder eine Zunahme der Schädigung eintreten.

Die Gruppen der deutschen Saatenstandsberichterstattung gestatten keine prozentuale Umrechnung und daher keine Beziehung auf den zahlenmäßigen Ertrag. In der „Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der wichtigsten Schädigungen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen" (3. Aufl. Berlin, Biolog. Reichsanstalt 1933) sind daher die Schätzungsmethoden für die Stärke des Auftretens und für den Anteil am Ernteverlust bei den einzelnen Krankheiten und Schädlingen jeweils besonders angegeben. Um direkt statistisch brauchbar zu sein, müßte der Schadensgrad in Prozenten der zu erwartenden Ernte angegeben werden. Daher besteht z. B. in den Vereinigten Staaten seit 1916 eine prozentuale Schätzung des Saatenstandes[1]), die eine Ernteberechnung ermöglicht und in die sich eine Schätzung der Einzelschäden leicht einschalten läßt, deren Genauigkeit dann durch die Ergebnisse der Ernteermittlung kontrolliert werden kann. Bei dieser prozentualen Schätzung, die das Verhältnis der Ernteerwartung zu einem normalen Ernteertrag angibt, ist nur noch die Frage entscheidend, was man als Norm, als 100%, voraussetzt. In der deutschen Statistik ist der Normalernteertrag die theoretisch zu erwartende Ernte, die bei sachgemäßer Bewirtschaftung ohne starke Beeinflussung durch Witterung, Krankheiten und Schädlinge erzielt wird. In den Vereinigten Staaten gilt als 100% ein Stand, der eine normale Ernte verspricht, wenn keine Veränderung eintritt und er sich bis zur Ernte erhält. Als normale Ernte wird die Ernte in guten Jahren im Mittel großer Gebiete zugrunde gelegt. Als unbeschädigte Ernte betrachtet man dagegen eine Ernte, die 10% über normal, d. h. über der guten Ernte, liegt.

Das Internationale Landwirtschaftsinstitut in Rom[2]) rechnet dagegen als 100% einen Stand, der eine normale Ernte verspricht, wenn keine außergewöhnlichen Ereignisse eintreten, und nimmt als normale Ernte den Durchschnitt der letzten 10 Jahre. Die regelmäßig eintretenden nachträglichen Änderungen des Vegetationsstandes, z. B. im Klima begründete Trockenheit oder ständig auftretende Schädlinge, werden dabei berücksichtigt. Die Schätzung 105, 110, 90 usw. drückt dann die Prozente des zu erwartenden Ertrages aus.

---

[1]) S. auch Stevens, N. E., Some significant estimates of losses from plant diseases in the United States. Phytopathology **23**, 1933, 975—984 (mit Beispielen der genauesten bisher vorliegenden Schätzungen).

[2]) Ricci, U., Les bases théoriques de la statistique agricole internationale. Rome 1914.

Der Prozentsatz der Ertragsverluste wird nun bei diesen Schätzungen im Einzelfalle so berechnet, daß das tatsächliche Ernteergebnis in Gewicht = 100 gesetzt wird. Dazu addiert man den geschätzten Verlust, nimmt also die Menge, die ohne den eingetretenen Verlust erzielt worden wäre, und berechnet nun aus dieser den Prozentsatz. Beträgt z. B. der Ertrag 100 kg und der geschätzte Verlust 25 kg, so ist der Prozentsatz nicht = 25, sondern 20 nach der Formel $125 : 25 = 100 : x$; $x = 20$.

Ebenso wird der Verlust auch berechnet, wenn mehrere Schädigungen zusammentreffen. Auch hier geht man von dem ohne diese erreichten Gesamtertrag aus und errechnet aus diesem den prozentualen Anteil der einzelnen Schädigung.

Ein anderes ähnliches Schema liegt z. B. dem amerikanischen monatlichen Meldedienst über das Auftreten der 10 wichtigsten Insekten zugrunde.[1]) Hier wird die Häufigkeit des Auftretens in 6 Grade nach Prozenten eingeteilt und versucht, das Auftreten und die Schädigung mit einem für alle Fälle gültigen Ausdruck zusammenzufassen.

Dabei bedeutet:

| | |
|---|---|
| 0 | kein Auftreten, |
| 1— 20 % | vereinzeltes Auftreten ohne merklichen Schaden, |
| 21— 40 % | mäßig zahlreiches Auftreten mit geringem Schaden, |
| 41— 60 % | zahlreiches Auftreten, alle Pflanzen befallen, starker Schaden, |
| 61— 80 % | sehr zahlreiches Auftreten, alle Pflanzen sehr stark befallen und geschädigt, geringer Ertrag, |
| 81—100 % | Ertrag völlig vernichtet. |

Auch diese Schätzung dient in der Hauptsache noch epidemiologischen Zwecken und gibt nur eine ungefähre Bewertung von Einzelschäden. Die eigentliche Schadenschätzung muß dagegen den Anteil des einzelnen Schädigers am endgültigen Ernteverlust in Prozenten des Ertrages angeben. Sie muß wenigstens den Bezirk, auf den sich die Schätzung erstreckt, die Anbaufläche, die durchschnittliche Erntemenge und den Prozentsatz der Einzelschäden enthalten. Weitere Zahlen, wie ha-Erträge oder Schadenswerte lassen sich daraus leicht errechnen.

Eine einfache jährliche Schätzung, die keine Erntemengen angibt und daher noch keine Berechnung der Schadenswerte gestattet, enthält wie die oben erwähnten bayerischen Berichte, nur Angaben für die einzelnen Kulturen nach folgendem Schema:

Schäden in % der Erntemengen

| | Krankheiten | Schädlinge | Witterungseinflüsse | Gesamtausfall |
|---|---|---|---|---|
| Flächeneinheiten (Bezirke usw.) . . . . . . . . | | | | |
| Durchschnitte für die Gesamtfläche (Land usw.) | | | | |

Abb. 1

[1]) Hyslop, J. A., A monthly survey report. Journ. econ. entomol. **20**, 1927, 717—725.

Die Schadenschätzung des amerikanischen *Crop Reporting Service* gibt bei einer Einteilung des Landes in 6 Klima- und Wirtschaftsbezirke die Schäden in Prozenten des normalen Ertrages für die 10 Hauptkulturen (Mais, Weizen, Hafer, Gerste, Reis, Leinsaat, Kartoffeln, Tabak, Heu, Baumwolle) nach dem sehr eingehenden Schema:

Durchschnittlicher Jahresausfall in % der normalen Ernte bzw. durchschnittlicher Jahresausfall in Gewicht, bzw. Jahresausfall in Geldwert

| | Gesamtausfall | Ungünstige Witterungseinflüsse | | | | | | | | Pflanzenkrankheiten | Schädliche Insekten | Schädliche Wirbeltiere | Sonstige und unbekannte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Trockenheit | Nässe | Überschwemmung | Frost | Hagel | Heiße Winde | Stürme | Sonstige, einschl. Auswinterung | | | | |
| Kultur und Bezirk bzw. Jahr | | | | | | | | | | | | | |
| Durchschnitt bzw. Summe | | | | | | | | | | | | | |

Abb. 2.

Eine Aufstellung in ähnlicher Ausführlichkeit, die außerdem noch die Anbauflächen, die Durchschnittsernten und den Geldwert der Ernten angibt, ist für den Spezialfall des Auftretens von Tabakkrankheiten in Bayern für 1927 und 1928 veröffentlicht.[1]) Sie folgt dem nachstehenden Schema.

Ernteverlust durch Krankheiten im Jahre ....

| Beobachtungsstelle | Größe der Anbaufläche | Durchschnittliche Jahresernte | Geldwert | Verluste durch .... in % und in Geldwert | Gesamtverlust |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Summen und Durchschnitt | | | | | |

Abb. 3.

[1]) Bericht über das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen am Tabak im Jahre 1927. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. -schutz **5**, 1928, 280—285. — Böning, K., Krankheiten des Tabaks. Arb. Bayer. Landesanst. Pflanzenbau Heft 4 (1928). — Böning, K., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Krankheiten des Tabaks. Ebenda, Heft 8, 1929. — In ähnlicher Weise sind inzwischen auch die Ertragsverluste durch die Obstmade für ein beschränktes Gebiet genau bearbeitet worden; s. Klemm, M., Beitrag zur Ermittlung der durch die Obstmade *(Carpocapsa pomonella L.)* verursachten Ernteverluste an Äpfeln. Nachr.-Bl. f. d. D. Pfl.schutzdienst **16**, 1936, Nr. 6.

Über eine beachtenswerte Anwendung der statistischen Methode berichtet Ostermayer[1]), der 1903—1911 in Mähren 451 aus großem Material ausgewählte Getreidebestände beobachtete und die untersuchten Fälle durch Ergänzung aus den Nachbarländern 1917—1932 auf 1098 vermehrte.

Er teilte den Befallsfaktor in 4 Grade ein (1 = besonders reine und gute Bestände ohne Ausfall, 2 = geringer Befall, 3 = verstärkter Befall, 4 = hochgradige Verseuchung) und errechnete den mittleren Körnerausfall (Mindererertrag) in Prozenten bei Grad 1 zu 2—4, bei 2 zu 17,8, bei 3 zu 23,7 und bei 4 zu 34,9%. Als mittleren Strohausfall ergaben sich bei 2 20,3, bei 3 25,0, bei 4 40,6%. Untersucht wurde dabei der Einfluß des Standortes als mittleren Befallsfaktors, sodann im einzelnen der Einfluß von Klima, Boden, Fruchtfolge und verschiedenen Kulturmaßnahmen, wie Bodenbearbeitung, Düngung, Saatzeit. Aus der Arbeit ergibt sich die Bedeutung des Standortsoptimums für Ertragshöhe und Auftreten von Krankheiten.

Damit ist der Weg für den Ausbau einer allgemeinen Statistik der Ernteschäden vorgezeichnet, und es ist bei der gegenwärtigen Entwicklung des Pflanzenschutzes kein Zweifel, daß in naher Zukunft auch andere Länder ihn beschreiten werden und daß man so dem Ziel einer Weltstatistik näher kommen wird.

Die grundsätzliche Trennung der Erhebungen in Schadenschätzungen durch den landwirtschaftlichen statistischen Dienst und in epidemiologische Erhebungen über Auftreten von Krankheiten und Schädlingen wird sich praktisch niemals rein durchführen lassen, da den Saatenstands- und Ernteberichterstattern die erforderliche Kenntnis der Schadenserreger und der Pflanzenkrankheiten fehlen wird. Daher kann eine Ausbildung dieser Statistik nur durch Zusammenarbeit des statistischen Apparates mit dem Pflanzenschutzdienst erreicht werden.[2])

Die absolute Richtigkeit der Zahlen einer solchen Statistik unterliegt natürlich denselben Fehlerquellen wie jede ähnliche Erhebung. Eine relative Verläßlichkeit wird dagegen sehr bald erreicht, wenn die Berichterstattung einige Jahre lang nach denselben Grundlagen und Methoden durchgeführt wird, zumal die Schadenszahlen jederzeit in Beziehung zu den Ergebnissen der Erntestatistik gesetzt werden können.

Für den Pflanzenschutz ist die Aufstellung dieser Statistik schon durch die allgemeinsten Gesichtspunkte gerechtfertigt: sie gibt einen Einblick in die Abhängigkeit der Ernteschwankungen von den unmittelbaren Einflüssen der Witterung und den Schäden durch Krankheiten und Tiere, und sie klärt vor allem über die Höhe der Schäden, über die sonst nur ganz unklare Vorstellungen bestehen können, auf und beweist damit augenfällig die Notwendigkeit des Pflanzenschutzes. Aber auch die Erfolge des Pflanzenschutzes müssen sich mit der Zeit in der Ertragsstatistik auswirken, und jedenfalls wird die Bekämpfung wichtiger Großschädlinge den Jahresdurchschnitt der Ernten heben.

### 3. Schadenszahlen

Gesamterhebungen, wie die erwähnte amerikanische, bestehen bisher noch in keinem anderen Lande. Man ist daher anderwärts auf allgemein gehaltene

[1]) Ostermayer, A., Statistische Studien über das Auftreten und die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. -schutz **12**, 1934, S. 61—71.

[2]) Die Organisation des Meldedienstes behandelt ausführlicher Böning, K., Der pflanzenschutzliche Beobachtungs- und Meldedienst und seine Aufgaben in der Erzeugungsschlacht. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. -schutz **13**, 1936, 330—338.

Schätzungen angewiesen und hat solche auch in einigen Ländern schon aufgestellt. Nach den Ergebnissen der amerikanischen Erhebungen schwankt der Gesamtausfall an Erntemengen im zehnjährigen Durchschnitt bei den einzelnen Kulturen zwischen 19,04% (Reis) und 35,49% (Baumwolle), an Wert in den einzelnen Jahren bei allen zehn Kulturen zusammen zwischen 2 und 3 Milliarden Dollar. Aus diesen Zahlen ergeben sich abgerundet 20% für klimatische Schäden und 10% für Krankheiten und tierische Schädlinge, die vielfach anderen Schätzungen zugrundegelegt worden sind. Bei solchen Vergleichsschätzungen darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß die Größe der Schäden in erster Linie neben allen anderen Faktoren, wie Art der Kulturen und der Krankheiten, klimabedingt ist. Man nimmt auch sonst an, daß sich die genannten 10% im großen Durchschnitt ungefähr gleichmäßig auf eigentliche Pflanzenkrankheiten und Insekten verteilen, und hat sie für die großen Landwirtschaftsländer für jeden dieser beiden Faktoren auf 4—5 Milliarden Francs bewertet.[1]) Für eine weitergehende Schätzung der Schäden aller Länder ist die Zeit noch nicht gekommen.

Tabelle 1

Jährliche Ertragsschädigung der Hauptkulturpflanzen im Deutschen Reich (ohne Berücksichtigung der Witterungsschäden)

| | | Erntemenge | Erntewert | Geschätzte durchschnittliche Schäden durch | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Krankheiten | | Schädlinge | |
| | | 1000 t | Mill. RM | % | Mill. RM | % | Mill. RM |
| 1. | Getreide . . . . . . | 17 140 | 3942 | 10 | 394 | 10 | 394 |
| 2. | Kartoffeln . . . . . | 36 490 | 1460 | 25 | 365 | 5 | 73 |
| 3. | Zuckerrüben . . . . | 10 237 | 256 | 5 | 12 | 10 | 25 |
| 4. | Gemüse . . . . . . | 2 955 | 350 | 10 | 35 | 10 | 35 |
| 5. | Obst . . . . . . . | 2 993 | 400 | 10 | 40 | 20 | 80 |
| 6. | Wein . . . . . . . | 1 338 819 hl | 80[2]) | 20 | 16 | 20 | 16 |
| | | | 6488 | | 862 | | 623 |
| In Durchschnittsprozenten der möglichen Ernte | | | | 10,8 | | 7,8 | |

Auf Grund einer Berechnung der wichtigsten Krankheiten hat Gäumann[3]) für die Schweiz die Verluste durch Pilze, Bakterien und kontagiöse Enzyme im Getreidebau, Kartoffelbau, Weinbau, Obstbau und Gemüsebau auf insgesamt 25—30%, d. i. bei einem mittleren Ertrag von 292—312 Millionen Francs auf 73—92 Millionen Francs eingeschätzt. Für Holland hat Knapp[4]) das Problem behandelt, jedoch nur entsprechend den amerikanischen Vergleichszahlen

[1]) Zitiert nach P. Marchal, Introduction. Ann. epiphyties **1**, 1913, S. VI.

[2]) Wert des Mostes nach der Statistik; der Wert des Weines ist auf 175—200 Millionen RM zu schätzen.

[3]) Gäumann, E., Die wirtschaftliche Bedeutung unserer wichtigsten Pflanzenkrankheiten. Landw. Jahrb. Schweiz 1927, 319—324. — Vgl. auch hier und im folgenden die S. 4 zitierte Veröffentlichung.

[4]) Knapp, W. C. H., Bestrijding van plantenziekten. Zijn jaarlijksche taxaties van de schade wenschelijk? Tijdschr. plantenziekten **33**, 1927, 283—291.

des Jahres 1923 mit ihren durchschnittlichen Schäden von rund 10% durch tierische und pflanzliche Parasiten die Schäden in Holland an Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Kartoffeln, Bohnen und Erbsen auf 33 Millionen Gulden bewertet.

Für das Deutsche Reich hat Morstatt[1]) 1928 eine Berechnung aufgestellt, die unter Berücksichtigung bekannter Angaben über die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge zu vorstehender Schätzung (Tab. 1) gelangte und die auch in Übereinstimmung mit den neueren Erhebungen steht.

Setzt man im Anschluß an die Werte der Tabelle für die auf rund 13 Milliarden geschätzte gesamte Pflanzenproduktion des Deutschen Reiches einen Ernteverlust von 15% durch pflanzliche und tierische Schädlinge an, so ergibt sich ein Geldwert dieses Verlustes von 2 Milliarden *RM*.

Für Griechenland sind folgende Schadenszahlen ermittelt worden[2]):

| | Wert der landw. Erzeugung in Drachmen | Tierische Schädlinge | Pflanzliche Parasiten | Witterungsschäden | Zusammen |
|---|---|---|---|---|---|
| 1932 | 12 751 059 000 | 4,6 | 4,3 | 8,3 | 17,2% |
| 1933 | 14 576 148 000 | 5,0 | 3,4 | 5,9 | 14,3% |

Andere Gesamtschätzungen, die aber nur die Schadenszahlen ohne Beziehung auf die Erntewerte geben, führen z. B. für Frankreich (1913) Verluste durch Pflanzenkrankheiten und Schädlinge in Höhe von 4—5 Millionen Francs an. Für Belgien sagt E. Marchal[3]) nach Anführung der amerikanischen Ergebnisse von ungefähr 30% für alle Schäden, daß man auf die pflanzlichen und tierischen Schädlinge mit einem Verlust von 10% rechnen müsse, der jährlich mehreren 100 Millionen Francs entspricht. Für Jugoslawien gibt eine neuere Schätzung den Verlust durch Pflanzenschädlinge (Pilze und Insekten) zu 1 Milliarde Dinar an, worunter bei den Getreidearten (Weizen, Gerste, Hafer und Mais) nur je 5% als Mindestverlust durch die wichtigsten Schädlinge angesetzt sind.[4])

Über Insektenschäden im besonderen unterrichten noch die folgenden Beispiele, wobei erwähnt sei, daß man als allgemeine Annahme die Schäden durch Insekten auf 10%, in den Tropen dagegen auf 20% der Ernteerträge einschätzt. Für Großbritannien werden sie mit 30 Millionen Pfd. St. angenommen; in Kanada betragen sie jährlich nach Gibson[5]) wenigstens 25 Millionen Pfd. St., in Australien[6]), wobei allerdings wohl auch tierparasitäre Insekten eingerechnet sind, 20 Millionen Pfd. St., in Indien nach Fletcher[7]) in der Landwirtschaft 1800 Millionen Rupien (= etwa 2700 Millionen *RM*) = 10% der möglichen Ernte.

Die neueste amtliche Schätzung in den Vereinigten Staaten[8]) beziffert den jährlichen Schaden von 34 wichtigeren Insekten auf 924 Millionen Dollar (= 3,7 Milliarden *RM*).

---

[1]) Berichte über Landw., N. F. **9**, 1929, 437—477.

[2]) Monit. internat. protect. plantes **9**, 1935, 107 (hier in Prozente umgerechnet).

[3]) Marchal, E., Eléments de pathologie végétale, Gembloux et Paris 1925, S. 3.

[4]) Loschnigg, F., Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung. D. Landwirt, Sonderbeilage d. Deutschen Volksblattes, Novisad, 17. 12. 1929.

[5]) Gibson, A., What our insects cost us. Scientif. Agric. **7**, 1927, 440—445.

[6]) Tillyard, R. J., zit. in Chem. Industrie 1927, Nr. 50, S. 1359 (nach Chem. Trade Journ.).

[7]) Fletcher, T. B., Opening adress, Rep. Proceed. 4. Entomol. Meeting, Pusa 1921, S. 10.

[8]) Hyslop, J. A., An estimate of the damage by some of the more important insect pests in the United States. U. S. Dept. Agric., Bur. Ent. 1930.

Eine Vorstellung von der wirtschaftlichen Bedeutung der Schäden vermitteln dann noch die Zahlen über bedeutsame Einzelschäden, die allenthalben in der einschlägigen Literatur zerstreut sind und von denen hier einige angeführt seien. Auch an ihnen hat wohl die Witterung den weitaus größten Anteil, der sich schon in den alljährlichen Ernteschwankungen auswirkt und besonders bei den eigentlichen Mißernten infolge von Dürre oder übermäßigen Niederschlägen zutage tritt. Ebenso ist die Bedeutung der anderen, mehr lokalen Witterungskatastrophen durch Frost, Hagel, Überschwemmungen usw. bekannt.

Von Pilzkrankheiten ist an erster Stelle der Getreiderost zu nennen, dessen Schaden nach einer älteren Schätzung von Eriksson für alle getreidebauenden Länder zusammen jährlich 1 ¼ Milliarden *RM* beträgt. Noch verderblicher ist in einigen Ländern für den Kaffeebau der Kaffeerost, der in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts die Kaffeekultur von Ceylon, in der etwa 300 Millionen *RM* investiert waren, fast restlos ruiniert hat und anderseits, wie z. B. auf Java, die Kultur von *Coffea arabica* unrentabel machte, so daß man auf andere Arten übergehen mußte. Erwähnt sei auch die Belastung der europäischen Weinbauländer durch das Auftreten von *Peronospora* und *Oidium*, die die Rentabilität des Weinbaues aufs äußerste gefährdeten und ihn durch die Notwendigkeit kostspieliger Bekämpfung dauernd schwer belasten. Durch nicht so häufige, aber bisweilen ebenso schwere Schäden ist die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel ausgezeichnet, die besonders im Anfang ihres europäischen Auftretens um die Mitte des vorigen Jahrhunderts schwere Epidemien verursachte und zuletzt im Jahre 1916 im Deutschen Reich ein volles Drittel der normalen Ernte vernichtete. Auch in anderen Ländern waren ähnliche Schäden zu verzeichnen, wenn auch dort die Bedeutung für die Volksernährung geringer war; so sind in Frankreich teilweise mehr als 80% der Ernte verloren gegangen. Im folgenden Jahre trat die Krankheit ähnlich verheerend in Nordamerika auf und verursachte in der kanadischen Provinz Quebec allein einen Schaden von 75 Millionen Dollar. In den Vereinigten Staaten hat man auch den unmittelbaren Schaden durch Unkräuter abgeschätzt, der sich auf jährlich 75 Millionen Dollar belaufen soll.[1])

Zahlreicher sind wohl die bemerkenswerten Fälle schwerer Insektenschäden in neuerer Zeit. Hier ist das größte Beispiel in Europa die zwischen 1850 und 1860 eingeschleppte Reblaus, deren Schaden in Frankreich binnen 15 Jahren 10 Milliarden (nach anderer Angabe 15 Milliarden), in Italien 1 Milliarde Francs betrug. In Ungarn[2]) ging die Anbaufläche in 10 Jahren von 340000 ha bis auf 211000 ha, der Ertragswert von 86 Millionen Kronen auf 46 zurück. An der Spitze aller Schädlinge steht der mexikanische Baumwollkapselkäfer im Baumwollgebiet der Vereinigten Staaten. Zur Zeit seines stärksten Auftretens wurde im Jahre 1920 der Schaden der vorhergegangenen 4 Jahre amtlich auf 300000 Dollars im Durchschnitt abgeschätzt und erreichte dann im Maximaljahr 1921—1922 1 Milliarde Dollars = 30% der Ernte. Ein anderer Baumwollschädling, der sich seit Beginn dieses Jahrhunderts in den meisten Hauptanbaugebieten der Baumwolle verbreitet hat, der rote Kapselwurm, *Platyedra gossypiella*, verursacht im

---

[1]) Farm. South Africa 4, 1930, 554.

[2]) Morstatt, Statistisches zur Verbreitungsgeschichte der Reblaus in Ungarn. Weinbau und Weinhandel 28, 1910, S. 96 und 108.

allgemeinen einen Schaden von 20% der Ernte, was für Ägypten allein im Jahre 1921 10 Millionen Pfd. St. ausmachte. Der Schaden der Olivenfliege *(Dacus oleae)* beträgt in Italien jährlich 500000 Lire; in ganz Südeuropa wird er auf jährlich 2 Millionen Lire geschätzt. Als Beispiel für Heuschreckenschäden sei noch erwähnt, daß der Schaden durch die jüngste langdauernde Heuschreckenplage in Afrika und dem westlichen Asien allein in den Anfangsjahren 1927—1931 auf mehr als 6 Millionen Pfd. St. (bis 1934 auf wenigstens 7 Millionen), die Bekämpfungskosten auf 1 Million Pfd. St. und die Zahl der aufgewandten Arbeitstage auf wenigstens 28 Millionen geschätzt werden. Solche Zahlen sind in der einschlägigen Literatur vielfach vorhanden und auch in den anderen Bänden dieses Handbuches häufig zitiert. Eine umfassende Zusammenstellung ist noch nicht versucht worden; ihr steht entgegen, daß diese Zahlen meist nur roh geschätzt sind und sich mit den Jahren ständig verändern.

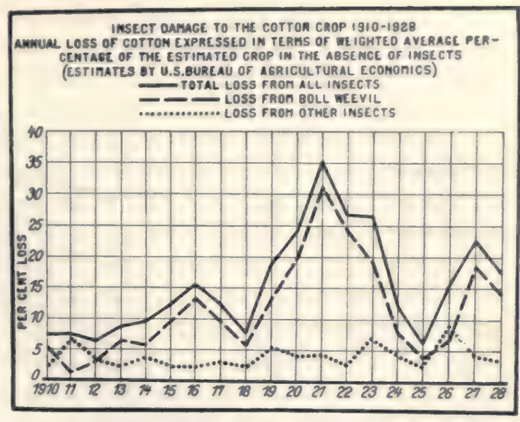



Abb. 4. Insektenschäden der Baumwollernten 1910—1928. Aus Coad, B. R. (The entomologist and cotton insect problems. Journ. econ. entom. **23**, 1930, 667—672).

Soweit über diese und andere Schäden für das Deutsche Reich Einzelangaben vorliegen, sei auf die Zusammenstellung in der erwähnten Schrift[1]) hingewiesen. Besonders zahlreiche Angaben liegen aus den Vereinigten Staaten vor und sind dort in die Handbücher über Krankheiten und Schädlinge aufgenommen, während die allgemeinen Angaben und vielfach auch genauere Einzelzahlen über das jährliche Auftreten von Krankheiten und Schädlingen laufend in „*Plant disease reporter*“ und „*The insect pest survey*“ des amerikanischen Landwirtschaftsministeriums veröffentlicht werden. In anderen Ländern werden dagegen in den entsprechenden Berichten bisher in der Regel noch keine Zahlenangaben über Schadenswerte genannt.

## II. Kosten der Pflanzenschutzmaßnahmen

Zu den Schadensummen gehört bei der Gesamtbetrachtung des Pflanzenschutzes auch die Belastung durch die Kosten der Pflanzenschutzmaßnahmen. Unter ihnen steht der Arbeitsaufwand im Durchschnitt an erster Stelle, und er wird überall da ganz besonders ins Gewicht fallen, wo Arbeitskräfte schwer zu beschaffen sind. Besteht das Vorgehen gegen Krankheiten und Schädlinge nur in Kulturmaßnahmen, wie Bewässerung, Bodenbearbeitung, Düngung, Schnitt der ausdauernden Gewächse usw., so sind auch die Ausgaben ausschließlich oder ganz überwiegend Arbeitsaufwand. Sie spielen dabei im Kleinbetrieb eine geringere Rolle, wirken aber um so einschneidender in Großbetrieben, wo auch der Zeitpunkt der Arbeitsleistung im Verhältnis zu den laufenden Betriebsarbeiten von

[1]) Berichte über Landwirtschaft, N. F. **9**, 1929, 433ff.

wesentlichem Einfluß auf die Durchführungsmöglichkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen wird. Sodann sind in den meisten Fällen Unkosten für den Verbrauch an chemischen Mitteln mit zu berechnen, die sich nach der Größe der zu behandelnden Fläche richten und daher z. B. bei einjährigen Kulturen großer Ausdehnung prohibitiv werden können.[1]) Weniger entscheidend sind die Kosten für die Apparate zur Anwendung dieser Mittel, da es sich dabei um einmalige Ausgaben für längere Zeit handelt. In besonderen Fällen treten andere Ausgaben ein, wie z. B. die Mehrkosten für Saatgut fremder Herkunft oder widerstandsfähiger Sorten, die Beschaffung oder eigene Zucht von Parasiten bei der biologischen Bekämpfung u. dgl.

Die genaue Kostenberechnung ist daher bei der Entscheidung über durchzuführende Maßnahmen unerläßlich und wird insbesondere maßgeblich für die Auswahl unter verschiedenen zu Gebote stehenden Maßnahmen. Die Kostenberechnung ist ein Gesichtspunkt, der in den Handbüchern und vor allem in den praktischen Anleitungen zum Pflanzenschutz bei weitem noch nicht die gebührende Beachtung gefunden hat. Nur wertvolle und ausdauernde Pflanzen rechtfertigen eine Einzelbehandlung, und stets ist der Wert des infolge der Maßnahmen zu erwartenden Mehrertrages die äußerste Grenze für den möglichen Aufwand. Erst neuerdings werden solche Kostenangaben in den Versuchsberichten häufiger aufgeführt, und man ist daher sehr oft auf Vergleich mit anderen Einzelfällen angewiesen, wenn die Kosten von Maßnahmen im voraus angegeben werden sollen.

Der einfachste Fall der Kostenberechnung, bei der Ausführung von Pflanzenschutzarbeiten durch fremde Beauftragte, trifft nur selten zu. Hierzu gehört die sich neuerdings in Deutschland ausbreitende Lohnbeizung der Getreidesaat und die bisher hauptsächlich in Amerika angewandte Bestäubung großer Flächen vom Flugzeug aus.

Als ein neues Verfahren bei sehr großem Verbrauch an Stäubemitteln ist die Flugzeugbekämpfung im Wald bei uns noch sehr teuer und kostet ungefähr 50 *RM* je ha. Dagegen kostet die Bestäubung der Baumwollfelder durch Unternehmer in Nordamerika je ha etwa 7,50 *RM*, im ganzen sind dort bis zu fünf Bestäubungen notwendig. Bei der feststehenden Zahl für die Unkosten läßt sich in diesem Falle des Kapselkäfers die Rentabilität leicht berechnen und wird jeweils genau nach der Menge der vorhandenen Käfer (Anfangsbefall) und dem Kapselansatz (Ernteerwartung) abgeschätzt. Russische Angaben berechnen die Kosten der Bestäubung mit Flugzeugen gegen Heuschrecken auf 4,43 Rubel je ha, gegenüber 6,15 Rubel bei der Bekämpfung vom Boden aus. Noch einfacher sind Beizkosten zu berechnen, bei denen Arbeitsaufwand und Kosten für Chemikalien ungefähr gleich stehen; sie betragen etwa ein Zehntel des Saatgutpreises.

Im Weinbau, der durch die unerläßliche Schädlingsbekämpfung besonders belastet ist, betragen die Kosten dafür nach G. Fischer[2]) etwa 15 % der mit

[1]) Die Ausgaben der deutschen Landwirtschaft für Pflanzenschutzmittel (Chemikalien; ohne Forstwirtschaft, Gärtnereien, Kleingartenbau und Kleinobstbau usw.) werden 1924 bis 1934 auf jährlich 18 Mill. *RM* = 0,4 % des Betriebsaufwandes geschätzt. Etwa die Hälfte davon dürfte auf den Weinbau entfallen; in dem Rest nehmen die Beizmittel wohl die erste Stelle ein. (Der Betriebsaufwand der deutschen Landwirtschaft. Wirtsch. u. Statistik **14**, 1934, Nr. 16, 518—521; Die Ausgaben der Landwirtschaft für Pflanzenschutz. Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung **1**, 1934, Nr. 10, S. 159—160.)

[2]) Fischer, G., Aufgaben und Wege der Rebenzüchtung. Angew. Bot. **10**, 1928, 317 bis 339. — Einzelangaben bei Pfeiffer, Die Wirtschaftlichkeit der Rebschädlingsbekämpfung. Weinbau u. Kellerwirtschaft **11**, 1932, Nr. 2; ferner bei Peters, A. und Nicka, W., Betriebsaufwendungen im Weinbau. Ber. u. Landwirtsch., 87. Sonderheft, 1934.

1000 *RM* je ¼ ha anzunehmenden Erzeugungskosten, was bei einem Gesamtaufwand von 320 Millionen *RM* der Erzeugungskosten auf 80000 ha deutscher Weinbaufläche 48 Millionen *RM* für die Schädlingsbekämpfung entspricht. Dazu kommen jährlich 2 Millionen *RM* Kosten der staatlichen Reblausbekämpfung. (Demgegenüber betragen nach G. Fischer die Kosten der Schädlingsbekämpfung bei Getreide weniger als 1 *RM* auf ¼ ha und somit weniger als 1% der mit 100 *RM* angesetzten Erzeugungskosten.) Für den Weinbau der Schweiz gibt Gäumann 400 Francs je ha oder rund 5 Millionen für die ganze in Betracht kommende Rebfläche (insgesamt 17800 ha) an.

Wie schon früher im Weinbau, so hat sich im letzten Jahrzehnt auch im Obstbau die praktische Schädlingsbekämpfung auch in den europäischen Ländern mehr und mehr durchgesetzt und kann hier auch als notwendiger Teil der regelmäßigen Betriebskosten gerechnet werden, Daher sind hier auch die meisten Kostenberechnungen bekannt geworden. Als Muster sei hier eine englische Anleitung zur Obstbaumbespritzung erwähnt, welche die einzelnen Unkosten eingehend erörtert.[1])

Sie beschreibt die Konstruktion der verschiedenen Spritzen, ihre Tagesleistung, Anschaffungskosten, Mittelverbrauch und Arbeitsaufwand für Bedienung, um die richtige Auswahl der Einrichtung im Verhältnis zur Betriebsgröße zu ermöglichen, und stellt danach die Jahresbetriebskosten für verschiedene Flächengrößen, Behandlungsweisen und Spritzeinrichtungen zusammen; am Schlusse ist ein kurzer Spritzkalender über Anzahl, Zeitpunkt und Zusammensetzung der Bespritzungen aufgestellt. Nach diesen Berechnungen schwanken die Spritzkosten je ha bei den verschiedenen Einrichtungen (Rückenspritzen, Motorspritzen usw.) nur sehr wenig, wenn die Einrichtungen der Größe der Obstanlage entsprechend gewählt sind. Sie betragen etwa 500 *RM* je ha bei einmaliger Winterbehandlung mit Karbolineum und zweimaliger kombinierter Frühjahrsbehandlung gegen Schorf und tierische Schädlinge, dagegen erniedrigt sich die Zahl der dafür aufzuwendenden Arbeitstage bei leistungsfähigen Motorspritzen für Großbetriebe bis auf ein Drittel der im Kleinbetriebe mit dei Rückenspritze notwendigen Tage. Es tritt also bei Großbetrieben keine Ersparnis an Kosten, wohl aber eine erhebliche an Arbeitsaufwand ein. Ein anderer Versuchsbericht[2]) gibt die ha-Kosten im Jahre 1927 mit 200 *RM*, im Jahre 1928 mit 300 *RM* an. Am meisten sind die Behandlungskosten jedenfalls von der Anzahl der nötigen Spritzungen und der Größe und Einheitlichkeit der Obstanlage abhängig, während für die Rentabilität außerdem noch die klimatische Lage und Jahreswitterung (insbesondere auf das Auftreten des Schorfes) und die Marktpreise und Absatzmöglichkeit des Tafelobstes die entscheidenden Faktoren sind.

Nach einem deutschen Bericht[3]) betrugen die Kosten der Schädlingsbekämpfung im Obstbau im Jahre 1933 bei siebenmaliger Spritzung von 2074 Bäumen mit zwei Motorspritzen und einer Karrenspritze 3703,15 *RM* = rund 1,80 *RM* je Baum, wovon 1738,35 *RM* auf Spritzmaterialien, 1964,30 *RM* auf Arbeits- und Betriebskosten (ohne Amortisation der Geräte) entfielen. Die Menge der Spritzflüssigkeit je Baum schwankte bei den einzelnen Spritzungen zwischen 11,1 und 17,2 Liter.

Ähnliche Zahlen ergeben die genauen Berechnungen von Loewel:[4]) je ha von 200 Bäumen bei sechsmaliger Spritzung 401,60 *RM*.

---

[1]) Turnbull, J., Modern fruit tree spraying and what it costs. Min. Agric., London. Miscell. Publ. Nr. 58, 1927; 2. Aufl. als Bull. Nr. 5, 1932.

[2]) Petherbridge, F. R., Dillon Weston, W. A. R., and Kent, W. G., Successful control of apple scab in the Wisbech area. Journ. Min. Agric., London **36**, 1929, 45—51.

[3]) Mayer, Th., Wie hoch sind die Kosten der Schädlingsbekämpfung im Obstbau ? Gartenbauwirtschaft 1934, Nr. 22.

[4]) Loewel, E. L., Das Auftreten des Fusicladiums im Altländer Obstbaugebiet . . . Angew. Botanik **14**, 1932, 233—277 u. 281—333.

## III. Erfolge des Pflanzenschutzes

Die praktische wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes im nächstliegenden Sinne liegt in seiner Rentabilität, in den durch die Pflanzenschutzmaßnahmen nach Abzug der Unkosten erreichten Mehrerträgen. Ihr Nachweis ergibt sich zunächst eindeutig bei Versuchen, in denen unbehandelte Parzellen zum Vergleich stehen bleiben, doch ist das Ergebnis hierbei nur einmalig und hängt von der jeweiligen Stärke des Auftretens der Krankheiten und Schädlinge ab. Daher können zuverlässige Zahlen erst aus mehrjähriger Beobachtung bei verschieden starken Schäden gewonnen werden. Im allgemeinen ist es, wie oben schon erwähnt wurde, noch viel zu wenig üblich, bei der Ermittlung von Versuchsergebnissen zugleich auch die Rentabilitätsberechnung aufzustellen, und es wird wesentlich zur allgemeinen Ausbreitung des Pflanzenschutzes beitragen, wenn solche Berechnungen in Zukunft regelmäßig den Versuchsberichten beigegeben werden, so daß der Praktiker sich von vornherein ein klares Bild von Bekämpfungsaufwand und -erfolg machen kann.

In größerem Ausmaß, etwa für bestimmte Kulturen eines Landes, wird stets erst eine mehrjährige Beobachtung die Wirkung des Pflanzenschutzes einwandfrei aus den Ernteergebnissen ableiten können. Denn die Schäden treten nicht gleichmäßig ein, und man kann ihre Höhe daher nur durch Vergleich mit Jahren normaler, unbeschädigter Ernte ermitteln. Noch besser muß sich die Wirkung von Pflanzenschutzmaßnahmen aus den Durchschnittserträgen längerer Zeiträume ergeben, wenn die übrigen Bedingungen sich gleichgeblieben sind. Der mehrjährige Durchschnitt, in dem auch die normalen Schäden enthalten sind, muß dann allmählich gehoben und den optimalen Ertragswerten angenähert sein.

Die einzelnen Methoden des Pflanzenschutzes kann man nicht nach dem Grade ihrer Wirksamkeit oder ihrer Rentabilität abwägen, da eben ihre Auswahl jeweils von der besonderen Art der Nutzpflanze und den Anbauverhältnissen abhängt. Die Einführung einer im Versuch geprüften Methode in die landwirtschaftliche Praxis setzt auf jeden Fall die Überzeugung von ihrer Rentabilität voraus; es wäre aber besser, wenn beim Versuch zugleich auch die Rentabilitätsberechnung beigegeben würde, für die im folgenden noch Beispiele angeführt werden. Bei der direkten Schädlingsbekämpfung mit chemischen Mitteln ist der Mehrwert des Ertrages wohl am leichtesten nachweisbar. Es sei hier an die Getreidebeizung erinnert, die ihrer einfachen Anwendbarkeit und besonders günstigen Rentabilität ihre weitgehende Einführung im Getreidebau verdankt. Man rechnet hier mit einem Mehrertrag, der häufig das zehnfache der aufgewendeten Unkosten beträgt. Ausführliche Berechnungen über die Bedeutung und Rentabilität der Beizung bei den einzelnen Getreidearten hat Maier-Bode[1]) angestellt. Er führt aus, daß die Beizung der gesamten Aussaat bei einem auf 196 Millionen ℛℳ zu schätzenden Schaden der durch Beizung bekämpfbaren Getreidekrankheiten in Deutschland einen Aufwand von 24 Millionen ℛℳ erfordern würde. Da der Erfolg der Beizung praktisch ein vollständiger ist, würde dadurch

[1]) Maier-Bode, Die Getreidebeizung in wirtschaftlichem Licht. Landw. Fachpresse Tschechoslow. 8, 1930, 71.

ein Reingewinn von 172 Millionen ℛℳ erzielt werden. Über die Rentabilität der Beizung schon bei ganz geringem Befall hat Appel[1]) folgende Berechnung aufgestellt:

„100 Liter Beizlösung unter Benutzung des jeweils billigsten Mittels kosteten bei Naßbeize

| 1928 | | 1932 | |
|---|---|---|---|
| für Roggen | ℛℳ 2,30 | für Roggen | ℛℳ 1,29 |
| „ Weizen | „ 2,30 | „ Weizen | „ 1,29 |
| „ Gerste | „ 2,88 | „ Gerste | „ 1,62 |

bei Trockenbeizen in den vom Deutschen Pflanzenschutzdienst vorgeschriebenen Aufwandmengen je Zentner:

| 1928 | | 1932 | |
|---|---|---|---|
| für Roggen | ℛℳ 0,84 | für Roggen | ℛℳ 0.41 |
| „ Weizen | „ 0,84 | „ Weizen | „ 0,41 |
| „ Gerste | „ 1,12 | „ Gerste | „ 0,62 |

Betrachtet man die relativen Kosten der Beizung, so betragen diese verglichen zum Erntewert bei Roggen und Weizen unter 0,5%, bei Gerste und Hafer unter 1%." Hieraus geht hervor, „daß die Beizung sich bei Weizen und Roggen schon bezahlt macht, wenn von 200 Pflanzen eine Pflanze erkrankt. Bei Gerste und Hafer ist dies der Fall, wenn von 100 Pflanzen eine erkrankt."

Sehr auffällige Ergebnisse hat neuerdings in vielen Ländern die allgemeine Einführung der Schädlingsbekämpfung im Obstbau gezeitigt. Hier ist der Mehrwert der Ernte, der sich aus einwandfreier Qualität ergibt, häufig viel wichtiger als der mengenmäßige Mehrertrag. So hat sich bei der Schorfbekämpfung übereinstimmend gezeigt, daß die Zahl der reinen, schorffreien Früchte in den diese Krankheit begünstigenden Lagen und Jahren durch sorgfältige Bespritzung sehr oft von ungefähr 10% auf ungefähr 90% gesteigert werden kann. Über die reine Rentabilität hinaus ist dies häufig beim Erwerbsobstbau und bestimmten Anforderungen des Handels gegenüber für die Möglichkeit des Obstbaues überhaupt entscheidend.[2]) Bei den oben (S. 15) erwähnten zweijährigen englischen Versuchen gegen Schorf ergab sich ein durchschnittlicher jährlicher Überschuß von nahezu 50 Pfd. St. je acre (= 2500 ℛℳ je ha).

Über einen deutschen Versuch, der in seinem Erfolg als typisch angesehen werden kann, hat Ludwigs[3]) berichtet. Er ergab bei Anwendung von Kupferkalkbrühe 69,9%, von Schwefelkalkbrühe 54,4% reiner Früchte gegenüber unbehandelt 8,8%, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß der Wert der mit Schwefelkalkbrühe behandelten gesunden äußerlich glatten Früchte höher war als derjenige der mit Kupferkalkbrühe erzielten „berosteten" Früchte.

Während sich die Rentabilität hier bei Einzelversuchen sehr leicht im Verhältnis zur unbehandelten Parzelle ergibt, so sind bei der Gesamtbetrachtung

---

[1]) Appel, O., Erntesicherung, eine nationale Notwendigkeit. Landbau u. Technik **8**, 1932, Nr. 3.

[2]) Vgl. Fish, S., Scab or shot holes of apricots. Control experiments in the Goulburn Valley. Journ. Dept. Agric. Victoria (Australien) **26**, 1928, 310ff.

[3]) Ludwigs, K., Kupferkalk- oder Schwefelkalkbrühe zur Fusikladiumbekämpfung. Gartenbauwirtschaft 1931, Nr. 52.

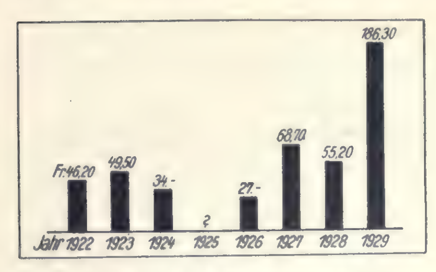



Abb. 5. Einnahmen von 3 Kirschbäumen 1922—1929. Nach Zeller (1930).

der Schädlingsbekämpfung im Obstbau, wo auch die Erntemengen an sich wesentlich sind, die normalerweise großen Ertragsschwankungen zu berücksichtigen. Ein Beispiel für letztere zeigt nebenstehende Abbildung, die die Einnahmen von drei Kirschbäumen 1922—1929 darstellt, wobei im Jahre 1929 die Schädlingsbekämpfung eingesetzt hatte, deren Kosten in diesem Falle nur 13 Francs betrugen.[1])

Als Beispiel für die Berechnung des Mehrertrages sei noch das folgende Schema angeführt. Es entstammt einem dänischen Bericht[2]), der mehrjährige Versuche im Obstbau, bei denen die Rentabilitätsberechnung eingehend durchgeführt ist, beschreibt und 37 Tabellen über die Behandlung, ihre Kosten und ihre Ergebnisse enthält.

Mehrertrag durch Spritzung und Spritzkosten je ha und je 100 kg Mehrertrag*)

| | Spritzmittel: ............ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Chemikalien | Arbeitslohn | Gesamtkosten | Mehrertrag in 100 kg je ha |
| Sorte ............ | | | | |
| Spritzkosten je ha | ............ | ............ | | ............ |
| ,, je 100 kg Mehrertrag | ............ | ............ | ............ | |

*) Berechnet { a) auf Gesamtgewicht an Früchten. b) auf reine Früchte.

Abb. 6.

Die von der Schädlingsbekämpfung abhängige Lage des Weinbaues ist bekannt. Hier sind zu den einheimischen europäischen Schädlingen im letzten Jahrhundert Reblaus, Peronospora und Oidium hinzugekommen, die den Weinbau so gefährdet haben, daß seine Aufrechterhaltung erst durch die Entdeckung wirksamer Gegenmaßnahmen wieder gesichert werden konnte. Somit ist die Geschichte der Reblausbekämpfung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, eines der wichtigsten Beispiele erfolgreicher Pflanzenschutzmaßnahmen und in ähnlicher Weise, wenn auch in kleinerem Ausmaße, hat die Einführung der Bespritzung und Bestäubung gewirkt. Über die verbesserte neuzeitliche

[1]) Zeller, A., Finanzieller Mehrerfolg durch Spritzung der Kirschbäume gegen die Schrotschußkrankheit. Schweiz. Zeitschrift f. Obst- u. Weinbau 1930, S. 41—42.

[2]) Esbjerg, N., Forsøg med Rentabiliteten ved Sprøjtning of Aebletraeer. I. Tidskr. Planteavl **35**, 1929, 517—565. — Vgl. hier auch: W. Schaarschmidt, Schorf und Obstmade an Äpfeln. Versuche zur Einträglichkeitsbestimmung von Bekämpfungsmaßnahmen. Mitt. DLG **45**, 1930, 197—199 und 218—219; ferner: Stauber, J., Schädlingsbekämpfung mit Nosprasit ,,0". Nachr. ü. Schädlingsbekämpfung **9**, 1934, Nr. 2, 95—99, und die erwähnten Berechnungen von Loewel.

Schädlingsbekämpfung hat K. Müller allgemeine Zahlen veröffentlicht; danach betrug die Ertragssteigerung durch sie in den Jahren 1918—1924 gegenüber den vorhergehenden Jahren im Durchschnitt in Baden 154%, in Württemberg 80, in Bayern 37, in Preußen 5 und in Hessen 1,9%.

Beispiele für den Erfolg der Schädlingsbekämpfung liegen aus allen Ländern zahlreich vor. Es sei davon noch erwähnt, daß der Schaden des Kaffeekirschenkäfers *(Stephanoderes hampei)* in den ersten Jahren nach seiner Einschleppung nach Brasilien stellenweise bis über 90% der Ernte ausmachte; wo die staatlich organisierte Bekämpfung sorgfältig durchgeführt wurde, ging er in kurzer Zeit bis auf 5% zurück, wobei allerdings auch klimatische Einflüsse mitgewirkt haben müssen.

Wie im Beispiel der Reblausbekämpfung, so sind auch in anderen Fällen ganze Kulturen durch Umstellung auf widerstandsfähige Sorten gesichert worden, wie z. B. der javanische Kaffeebau auf der nach dem Auftreten der *Hemileia* notwendig gewordenen Einführung neuer Sorten, jetzt hauptsächlich der *Coffea robusta*, beruht.

Ebenso können aber auch allgemeine Anbaumaßnahmen zur Erhaltung einer von Schädlingen oder Krankheiten bedrohten Kultur beitragen. Hierzu gehört auch ein geregelter Fruchtwechsel, dessen Einführung in Ländern mit primitiver Wirtschaftsweise häufig erst mit Rücksicht auf die sonst unvermeidbaren Schädigungen durch Parasiten erfolgt. Es ist nicht allgemein bekannt, daß der entscheidende Schritt in der Bekämpfung des Baumwollkapselkäfers in Nordamerika die Einführung eines Fruchtwechsels war, um den überwinterten Käfern die Nahrung zu entziehen und so ihre Vermehrung einzudämmen.

Der Käfer hatte überall, wo er hinkam, Verluste von 10—70% der Ernte verursacht, und die Erträge konnten erst durch das Zusammenwirken von verbesserten Kulturmethoden und der Bekämpfung mit Giften wieder auf eine rentable Höhe gebracht werden. Bemerkenswert ist, daß eine staatliche Garantie für den Erfolg der neuen Kulturmethoden gegeben wurde, um ihre Einführung zu beschleunigen und daß diese Garantie nie in Anspruch genommen worden ist. Der Fruchtwechsel hatte dann außer seinem nächstliegenden Zweck die ungemein weitreichende Folge, daß er das ganze Wirtschaftsleben der Baumwollzone umgestaltete und das Gebiet von der Ernte des Hauptproduktes und von der Einfuhr der wichtigsten Lebens- und Futtermittel unabhängig machte. Die Erkenntnis dieses Zusammenhanges führte dazu, daß dem „*boll weevil*“ trotz fortdauernder großer Schäden von den Pflanzern in Alabama 1921 ein Denkmal gesetzt wurde; die Inschrift lautet: „In profound appreciation of the boll weevil and what it has done as the herald of prosperity this monument is erected by the citizens of Enterprise, Coffee County, Alabama.“[1])

Auch die Schäden des später nach Nordamerika eingeschleppten Maiszünslers sind durch Kulturmaßnahmen soweit eingeschränkt worden, daß eine lohnende Kultur trotz der Anwesenheit des Schädlings möglich ist. Es ist hierbei zu betonen, daß solche Kulturmaßnahmen nur aus genauer Kenntnis der Biologie eines Schädlings entwickelt werden können und daher die Landwirtschaft sie nicht selbst ohne die Hilfe der Pflanzenschutzsachverständigen finden kann.

Die aus Nordamerika bekannt gewordenen Zahlen über die Ausrottung der Berberitze zeigen auch deren große Bedeutung für die Ausbreitung der Getreiderostepidemien.

[1]) Übersetzt: „In hoher Wertschätzung des Kapselkäfers und dessen, was er als Führer zum Wohlstand getan hat, wurde dieses Denkmal errichtet von den Bürgern von Enterprise, Coffee County, Alabama.“

In den 13 Staaten des mittleren Nordens und Westens, wo die Berberitze ausgerottet wurde, gingen die Rostschäden von einem durchschnittlichen Jahresverlust von 57 Millionen Bushels = 15,5 Millionen dz in 1916—1920 auf einen Durchschnittsverlust von 9 Millionen Bushels = 2,45 Millionen dz in 1926—1930 zurück. Dabei wurden von 1916—1930 im ganzen annähernd 18,5 Millionen Berberitzensträucher ausgerottet. Die Gesamtaufwendungen der beteiligten Staaten in den 14 Jahren betrugen 1,1 Millionen Dollar, die der Bundesregierung 4,5 Millionen Dollar. Die insgesamt aufgewendeten Geldbeträge belaufen sich auf weniger als ein Zehntel der durchschnittlichen jährlichen Rostschäden in den fünf Jahren von 1916 bis 1920.

Ähnliche und zum Teil noch größere Erfolge sind mit der biologischen Bekämpfung erreicht worden. Außer der Rettung der Maulbeerkultur und damit der Seidenzucht in Italien durch Einführung von Parasiten der Maulbeerschildlaus *(Diaspis pentagona)* ist hier das klassische erste Beispiel der Einführung des Marienkäfers *Novius cardinalis* nach Kalifornien durch Koebele zu erwähnen. Die dortige *Citrus*-Kultur stand infolge der Ausbreitung der Schildlaus *Icerya purchasi* vor dem sicheren Ruin, da die befallenen Bäume durch die Schildlaus praktisch in einem Jahr vernichtet wurden. Durch die Einführung des Käfers gelang es, diese gefährliche Schildlaus so zu unterdrücken, daß sie praktisch bedeutungslos geworden ist.

Die Bedeutung der oft ebenso weitreichenden und im Prinzip wertvolleren Wirkung der vorbeugenden Maßnahmen gegen Einschleppung und Ausbreitung von Schädigern ist noch besonders zu würdigen, da sie sich nicht zahlenmäßig ermitteln läßt und nur zuweilen durch Vergleich mit den Verhältnissen in verseuchten Ländern abgeschätzt werden kann. Sie geht u. a. hervor aus dem Beispiel der Bekämpfung des Kartoffelkrebses *(Synchytrium endobioticum)* durch Züchtung und Anbau widerstandsfähiger Sorten, die es möglich machen, die Krankheit vollständig auszuschalten, ehe sie schwere Schäden anzurichten vermag. In gleicher Weise wirkt auch die radikale Ausrottung eingeschleppter Pilzkrankheiten und Insekten, wie des *Citrus*-Krebses in manchen Ländern, der Mittelmeerfruchtfliege in Florida oder des Koloradokäfers; in letzterem Falle zeigt die Gegenüberstellung der mehrfachen rechtzeitigen Entdeckung und Ausrottung in Deutschland und der Festsetzung des Schädlings in Frankreich am besten den Erfolg solcher Maßnahmen; in Amerika verliert der Kartoffelbau durch ihn trotz der Bekämpfung ein Drittel der möglichen Ernte.[1])

So zeigen sich die Erfolge und damit die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes nicht nur im einzelnen Falle, sondern insgesamt betrachtet an zahlreichen Beispielen in Mehrerträgen an Erntemengen und Erntewert, in der Sicherung der Kulturen durch größere Gleichmäßigkeit der Ernten und Vermeidung von Mißernten, und vielfach auch in der Erhaltung der Anbauwürdigkeit einzelner Nutzpflanzen und in der Sicherung vor Einschleppung neuer Feinde. Nebenher geht auch ein allgemeiner kulturverbessernder Erfolg, da Krankheiten häufig ein Anzeichen von Kulturfehlern sind, zu deren Vermeidung erst der Pflanzenschutz den Anstoß gibt. Hierher gehören auch die Fälle, wo mit resistenten Sorten zugleich ertragreichere gezüchtet oder eingeführt

[1]) Über Beispiele und Bedeutung der Verschleppung von Pflanzenkrankheiten vgl. noch: Stakman, E. C., Die Bedeutung eines Pflanzenschutzgesetzes für die europäischen Länder. Mitt. DLG 46, 1931, 515—518, 540—543.

werden. Daraus ergibt sich für Einzelmaßnahmen wie für das Ganze des Pflanzenschutzes, daß ein wohldurchdachter und sorgfältig durchgeführter Pflanzenschutz nicht nur notwendig ist, sondern auch, daß die dafür aufgewendeten Kosten sich reichlich lohnen.

## IV. Volkswirtschaftliche Bedeutung

Als Hilfsmittel der Pflanzenproduktion hat der Pflanzenschutz Teil an der volkswirtschaftlichen Bedeutung allen Pflanzenbaues, dessen wichtigste Aufgabe die Volksernährung ist und von dem außerdem als einer Urproduktion notwendiger Rohstoffe, wie Holz, Pflanzenfasern, Fette, Genuß- und Arzneimittel eine Reihe großer Industrien abhängt. Die in allen Notzeiten wieder erkannte Wahrheit, daß die Landwirtschaft die wichtigste Industrie im Staate ist, beherrscht im besonderen Maße die Gegenwart und ist in allen Ländern auch der Förderung des Pflanzenschutzes zugute gekommen. Aus dieser neuerdings zuerst und besonders in Nordamerika propagierten Einsicht rechnen dort heute schon Volkswirtschaftler und Soziologen, wie E. M. East in seinem Buche „Die Menschheit am Scheidewege" erkennen läßt, den Pflanzenschutz zu den wesentlichen Maßnahmen, die neben verbesserten Kulturmethoden, neben Züchtung auf Ertrag und Erweiterung natürlicher Klimagrenzen, neben Düngung usw. den Nahrungsspielraum der Menschheit erweitern.

Im klimatischen Optimum einer Kultur spielen wie die übrigen Faktoren, z. B. der Boden, auch die Pflanzenkrankheiten im allgemeinen eine geringere Rolle. Bedürfnis und Notwendigkeit, denen eigentlich nur der nordamerikanische Staat enthoben ist, verlegen aber viele Kulturen außerhalb ihres klimatischen Optimums, wie Weizen ins Gebirge, Kartoffeln in warme Lagen. Kleinbesitz und Staatsinteresse streben überall nach möglichst vielseitiger Eigenproduktion und ebenso zwingt auch der Fruchtwechsel zur Einschaltung von Nebenkulturen, die nicht immer die besten Bedingungen finden. Wo also eine Kultur besonders von Schäden bedroht ist oder an der Grenze der Rentabilität steht, wird die Bedeutung des Pflanzenschutzes für ihre Aufrechterhaltung besonders ins Gewicht fallen, und es gibt zahlreiche Kulturen, die wie der deutsche Weinbau ohne dauernde Schädlingsbekämpfung heute an ihrer Stelle nicht mehr existenzfähig sind.

Für den Pflanzenbau im ganzen als Teil der Volkswirtschaft betrachtet ist die ausgleichende Wirkung des Pflanzenschutzes gegen zu große Ertragsschwankungen besonders zu bedenken. Gleichmäßige Ernten bedingen gleichmäßigen Preisstand, an dem zunächst der Handel, dann aber die Gesamtwirtschaft interessiert ist. Nicht weniger Interesse daran hat der Produzent selbst, der in ungewöhnlich guten Jahren niedere Preise für seine Ernte erhält und in schlechten Jahren bei hohen Preisen wenig oder nichts zu verkaufen hat.[1])

Die allgemeinen volkswirtschaftlichen Vorteile aus der Sicherung und Vermehrung der landwirtschaftlichen Erzeugung, die Ernährung der Bevölkerung aus eigener Scholle und die Entlastung der Handelsbilanz sind bekannt und zum Teil hier schon erwähnt. Sie bedingen, daß die rein privatwirtschaftliche Ren-

[1]) Vgl. Crüger, Die wirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenkrankheiten. Georgine **104**, 1927, Nr. 95.

tabilität nicht die letzte Begründung für den Pflanzenschutz abgeben kann. Er ist in der auf das Wohl des Volksganzen ausgerichteten Wirtschaft sehr oft auch dort noch notwendig, wo er im Einzelfall nicht rentabel ist. Die volkswirtschaftliche Bedeutung greift aber weiter, indem die Auswirkungen der Schäden vermieden werden, die in vermehrter Anbaufläche und vermehrtem Arbeitsaufwand für dieselbe Erntemenge, Verteuerung der Produkte für den Konsumenten, Entwertung des Bodens, Verlusten des Transportwesens, an Steueraufkommen, Verlusten der Verarbeitungsindustrien, verminderter Kaufkraft der landwirtschaftlichen Bevölkerung bestehen. Berechnungen solcher volkswirtschaftlichen Auswirkungen sind schon durchgeführt worden[1]); ihre Berechtigung ist durch die Tatsache erwiesen, daß private Eisenbahngesellschaften in Nordamerika bei plötzlich auftretenden Schäden durch Entsendung von Sachverständigen und Bereitstellung von Bekämpfungsmitteln eingreifen oder in Frankreich einen ständigen beratenden Pflanzenschutzdienst unterhalten. Unmittelbar sind natürlich der Handel und die Verarbeitungsindustrien (z. B. Holzhandel, Zuckerindustrie) an erfolgreichem Pflanzenschutz interessiert, und auch hier gibt es Beispiele, daß sie in gleicher Weise wie die Organisationen des Anbaues selbst den Pflanzenschutz unterstützen.

Als wirtschaftliche Auswirkung des Pflanzenschutzes ist auch die Industrie der Pflanzenschutzmittel und -apparate anzusehen, die in neuerer Zeit einen großen Umfang erreicht hat. Wenn sie auch im Vergleich mit anderen Industrien keine sehr hohen Zahlen aufzuweisen hat, so tritt ihre Bedeutung doch bei der Berücksichtigung der mit ihren Produkten erzielten Erfolge zutage. Für viele Länder bedeutet sie zugleich auch eine einheimische Produktion, die sie von der Einfuhr fremder Ernteerzeugnisse entlastet.[2])

Über Erzeugung und Verbrauch an Apparaten liegen nur ganz vereinzelte Zahlen vor, dagegen sind vielfach Angaben über den Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln in der Literatur vorhanden.

Statistische Erhebungen sind zum Teil in den Vereinigten Staaten angestellt worden[3]); danach betrug dort im Jahre 1928 z. B. die Produktion an Kalziumarseniat 27 Millionen Pfund, an Bleiarsenat 27 Millionen Pfund, an Pariser Grün 8,5 Millionen Pfund und die Einfuhr an Pyrethrumblüten 11,3 Millionen Pfund für 2,4 Millionen Dollar. 1932 war der Verbrauch an Mineralölen, die jetzt mengenmäßig an erster Stelle stehen, auf rund 17 Millionen Liter gestiegen. Nach einer früheren Angabe werden außerdem jährlich z. B. 5 Millionen Pfund Kupferkarbonat (für Saatgutbeizung) und mehr als 1 Million Pfund Paradichlorbenzol verbraucht. Nach Vogt[4]) werden in Deutschland gegen Rebenmehltau jährlich etwa 90 000 dz Schwefel, in Frankreich 1 Million dz verbraucht. Der Weinbau verbraucht überhaupt schon seit längerer Zeit, wie neuerdings erst auch der Obstbau, große Mengen von chemischen Mitteln. So wurden nach Stellwaag[5]) im Jahre 1926 in der Pfalz auf etwa 9000 ha zusammenhängender Fläche insgesamt 600 000 kg Arsenstäubemittel, 35 000 kg arsenhaltige Spritzmittel und 36 000 kg Tabakextrakt verbraucht.

---

[1]) Vgl. Morstatt, H., Die jährlichen Ernteverluste usw. Ber. ü. Landw. **9**, 1929, 435.

[2]) Über die deutsche Pflanzenschutzmittelindustrie vgl. A. Schmidt, Die industrielle Chemie, Berlin 1934 (Die Industrie der Pflanzenschutzmittel, S. 364—382).

[3]) Vgl. Roark, R. C., United States insecticides statistics for 1928. Journ. econ. entom. **22**, 1929, 699; übers. in: Anz. f. Schädlingskunde **5**, 1929, 146.

[4]) Vogt, E., Die chemischen Pflanzenschutzmittel (Sammlung Göschen). Berlin 1926, S. 63.

[5]) Stellwaag und Sprengel, Großbekämpfung des Heu- und Sauerwurmes in der Pfalz mit staatlicher Unterstützung, 1925 und 1926. Pfalz-Wein **14**, 1925, 278—283.

Vergleichbar große Mengen an Chemikalien finden auch für die Beizung des Getreides und neuerdings zahlreicher anderer Sämereien Verwendung; den Verbrauch an Getreidebeizmitteln schätzt Klages[1]) für 1930 in Deutschland auf etwa 800 t. Die angeführten Zahlen geben eine Vorstellung davon, wie große Mengen von Mitteln in Frage kommen, wenn die Bekämpfung mit chemischen Mitteln in einer ausgedehnten Kultur einmal durchgeführt ist.
Ebenso benötigen auch staatliche Sondermaßnahmen, wie die Bekämpfung von Heuschrecken, Kartoffelkäfer, Reblaus, Schwammspinner, oder die Berberitzenausrottung sehr große Mengen von chemischen Mitteln und zahlreiche Geräte zu deren Anwendung.

## V. Ernteschädenversicherung

Die Versicherung gegen Pflanzenkrankheiten hat sich bisher — mit Ausnahme der Hagelversicherung[2]) — noch nicht zu einer ständigen Einrichtung entwickelt. Versuche damit sind in den Vereinigten Staaten gemacht worden. Ihr steht entgegen, daß es sich bei Pflanzenkrankheiten weitgehend um vermeidbare Schäden handelt, und daß diese sehr schwer genau abzuschätzen und zugleich sehr wenig nach Art, Häufigkeit und Umfang vorauszuberechnen sind. Sie hängen auch vielfach von besonderer Bodenbeschaffenheit, der Art der Kulturen und der Sorgfalt beim Anbau ab, so daß sie sich sehr ungleichmäßig verteilen. Sehr zu bedenken ist, daß eine Versicherung die Gefahr des Unterlassens oder nachlässiger Ausführung von Pflanzenschutzmaßnahmen mit sich bringt.

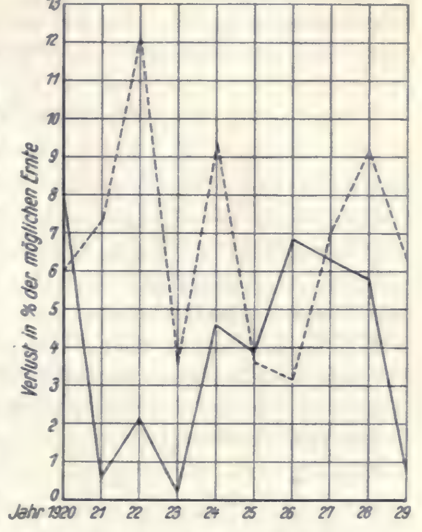



Abb. 7. Schäden durch Apfelfusikladium ---- und Phytophthora ——— in den Vereinigten Staaten 1920—1929. Nach Stevens (1932).

Einige Beispiele für die Ungleichmäßigkeit von Schäden, denen aber gleichmäßiger verlaufende gegenüberstehen, hat Stevens[3]) nach den genauesten bisher vorliegenden Schätzungen dargestellt. Wir geben daraus nebenstehend die Schäden durch Apfelschorf und Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln in den Vereinigten Staaten 1920 bis 1929 wieder.

Die Vermeidung der erwähnten Schwierigkeiten einer Pflanzenschadensversicherung ist in den folgenden Leitsätzen von Valgren[4]) berücksichtigt.

1. Versichert werden sollen nur Schäden, die einen schweren Geldverlust für den Anbauer bedeuten. Die beste Grundlage dürfte der durchschnittliche Jahresertrag der Gesamtfläche einer bestimmten Kultur sein.

---

[1]) Klages, A., Bekämpfung von Schädlingen der Kulturgewächse durch chemische Mittel, Bekämpfungstechnik. Angew. Chemie **45**, 1932, 367—368.

[2]) Vgl. Band I, 2. Teil, 1934, S. 176 und 236; für die Vereinigten Staaten: Valgren, V. N., Hail insurance on farm crops in the United States. U. S. Dept. Agric. Bull. 912, 1920.

[3]) Stevens, N. E., Plant-disease hazards, though very fluctuating, demand action. U. S. Dept. Agric., Yearbook 1932, S. 294—297.

[4]) Valgren, V. N., Crop insurance: risks, losses, and principles of protection. U. S. Dept. Agric. Bull. 1043, 1922.

2. Die Versicherung muß alle Schäden decken, die sich der Einwirkung des Versicherten entziehen.

3. Verluste durch Fahrlässigkeit und Nachlässigkeit dürfen in keinem Falle entschädigt werden.

4. Der Beitrag muß im richtigen Verhältnis zu dem Schutz, den er sichert, stehen und darf nicht zu hoch sein.

5. Der Schaden muß im Verhältnis zu dem zu erwartenden Ernteertrag abgeschätzt werden, wobei auch Preisminderungen zu berücksichtigen sind.

6. Bei völligem Fehlschlag einer versicherten Kultur, der das Reifenlassen und Abernten nicht lohnt, muß für frühzeitige Entschädigung gesorgt sein. Diese soll den Wert der Arbeit und andere Unkosten, einschließlich Zinslasten, nicht überschreiten.

7. Alle teilweisen Schäden einer Kultur werden erst entschädigt, wenn das Ernteprodukt in marktfähigem Zustand ist, so daß Menge und Beschaffenheit abgeschätzt werden können.

8. Günstige Versicherungsbedingungen sind nur möglich, wenn die Versicherung, wie die Feuerversicherung eine Garantie gegen ernste Verluste sein und nicht etwa alle paar Jahre eine Entschädigung einbringen soll. Zur Verbilligung der Werbung ist gemeinsame Versicherung durch Genossenschaften zu empfehlen.

## VI. Staat und Pflanzenschutz

Die Förderung, die der Staat dem Pflanzenschutz angedeihen läßt, ist ein Ausdruck und eine Auswirkung von dessen wirtschaftlicher Bedeutung. Die Unterhaltung eines wirksamen Pflanzenschutzes durch Forschung und Lehre und durch eine nach den örtlichen Verhältnissen abgestufte Organisation des praktischen Dienstes für Aufklärung und Überwachung ist staatliche Aufgabe im Interesse der landwirtschaftlichen Bevölkerung und zugleich der Sicherung der Volksernährung. Hierzu gehört auch das besondere staatliche Eingreifen bei außergewöhnlichen Schäden durch Witterung und Krankheiten und Schädlinge oder bei der Ausbreitung neuer Schadenerreger.

Aus den oben angeführten Beispielen besonders großer Schäden geht hervor, welchen beinahe überwiegenden Anteil daran die erst in der Neuzeit in die einzelnen Länder eingeschleppten Parasiten haben und wie ungemein somit die Verschleppung von Schädigern durch die Steigerung und Beschleunigung des modernen Verkehrs begünstigt wird. Daraus ergibt sich auch ein viel dringenderes Bedürfnis nach dem Bestehen einer leistungsfähigen Pflanzenschutzorganisation über die unmittelbar landwirtschaftlichen Belange hinaus im staatlichen Gesamtinteresse. Man kann wohl sagen, daß in Europa Parasiten wie Blutlaus, Reblaus, Koloradokäfer, San-Jose-Schildlaus und die Mehltaupilze den Hauptanstoß zur Entwicklung des modernen Pflanzenschutzes gegeben haben. Gegen diese Gefahren sind oft Ausrottungsmaßnahmen notwendig, die zu kostspielig sind, um von den unmittelbar bedrohten Kreisen getragen zu werden und die daher nur mit staatlicher Hilfe durchgeführt werden können. Als Einzelbeispiel sei hier die Ausrottung des Koloradokäfers nach seiner letzten Einschleppung im Deutschen Reiche erwähnt, die 1934 bei einer befallenen Fläche von $\frac{1}{4}$ ha Kosten im Betrag von 108000 ℛℳ verursacht hat.[1]) Noch mehr ist der Abwehrdienst durch Einfuhrkontrolle, der die immer umfangreicher werdende staatliche und internationale Gesetzgebung entstehen ließ, eine Einrichtung von allgemeiner volkswirtschaftlicher Bedeutung.

---

[1]) Siehe Flugblatt 120 der Biolog. Reichsanstalt, 2. Aufl. 1935.

Die Gesamtaufwendungen der Staaten entsprechen daher der Bedeutung, welche sie dem Pflanzenschutz beimessen. Die neuere Entwicklung hat gezeigt, daß diese Bedeutung überall mehr und mehr erkannt wird, und hierzu wird in Zukunft die statistische Ermittlung des Umfanges der Schäden noch viel beitragen. Zahlen über die staatlichen Aufwendungen sind im allgemeinen noch wenig bekannt; die übersichtlichsten Angaben darüber sind regelmäßig im Haushaltsplan des Landwirtschaftsministeriums der Vereinigten Staaten enthalten.

Nicht in letzter Linie müssen auch die staatlichen Aufwendungen im richtigen Verhältnis zu dem Umfang der Schäden und zu dem möglichen Erfolge des Pflanzenschutzes stehen. In bezug auf die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten sagt Gäumann in der erwähnten Schrift (s. S. 10): „Der Rohertrag der betreffenden Betriebszweige der Landwirtschaft würde also um mindestens 25—30% höher sein, wenn eine durchgreifende Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten möglich wäre.“ Eine Verringerung der Verluste „um 50% liegt, wie die Erfahrungen in den Vereinigten Staaten und in den Kolonien zeigen, durchaus im Bereiche des Erreichbaren.“ Und T. B. Fletcher äußert anläßlich seiner Berechnung der Insektenschäden in Indien, daß der vollständigste Ausbau des entomologischen Dienstes, den man sich nur vorstellen kann, gerechtfertigt wäre, wenn man dadurch auch nur 1% dieser enormen Verluste an Volksvermögen retten würde. Für deutsche Verhältnisse darf man der Schätzung von O. Appel[1]) beipflichten: „Ein großer Teil der Forschungsergebnisse kann aber jetzt schon in die Praxis umgesetzt werden, und es ist damit zu rechnen, daß mindestens 20—30% der bisherigen Verluste vermieden werden können.“ Auch die staatlichen Aufwendungen für den Pflanzenschutz müssen in dessen wirtschaftlicher Bedeutung und in seiner Rentabilität ihre Begründung finden, die beide unzweifelhaft feststehen und heutzutage auch zahlenmäßig nachgewiesen werden können.

---

[1]) Appel, O., Pflanzenschutz. In M. Sering, Die deutsche Landwirtschaft unter volks- und weltwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Berichte über Landwirtschaft, 50. Sonderheft, Berlin 1932, 729—744.

Zweiter Abschnitt

# Die Aufgaben des Pflanzenschutzes

## I. Die Verhütung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (Hygiene)

Von Professor Dr. H. Braun, Berlin-Dahlem

(Abgeschlossen am 1. 9. 1935.)

Wenn hier zum erstenmal der Versuch gemacht wird, eine zusammenfassende Darstellung der Pflanzenhygiene zu geben, so ist zunächst erforderlich, diesen Begriff näher zu erläutern. Da er dem Gebiet der Humanmedizin entnommen ist, liegt es nahe, von einer der dort anerkannten Umschreibungen auszugehen. Rubner[1]) gibt folgende Definition: „Die moderne Hygiene ist eine Wissenschaft, die sich das Ziel setzt, alle die Gesundheit betreffenden Fragen mit Hilfe der in den Naturwissenschaften üblichen Denkweise durch experimentelle Methoden aufzuklären, zu fördern und zu erörtern und von diesem Kernpunkt ihrer Tätigkeit alle anderen Bestrebungen zu leiten, welche die Aufgabe haben, den Mensch im Kampf ums Dasein zu stärken." Es fragt sich nun, ob und wieweit diese Definition mit dem Begriff selbst sinngemäß unverändert in die Phytopathologie übernommen worden ist und dementsprechend als Richtlinie bei dieser Abhandlung dienen kann. Um das zu entscheiden, muß die Entstehung des Begriffs „Pflanzenhygiene" verfolgt werden.

Im Vorwort zur 3. Auflage dieses Handbuchs schreibt Sorauer: „So hoffe ich, wird die Idee, die ich seit Beginn meiner wissenschaftlichen Tätigkeit verfochten, nämlich die Ausgestaltung einer rationellen Pflanzenhygiene, endlich zum Durchbruch kommen. Wir müssen lernen, den Organismus vor Erkrankung von vornherein zu bewahren, und dürfen erst in zweiter Linie, notgedrungen, dazu schreiten, den bereits erkrankten Organismus zu heilen." Diese Ausführungen legen die Vermutung nahe, daß Sorauer den Begriff der Hygiene in die Lehre von den Pflanzenkrankheiten eingeführt hat. In der Tat findet sich letzterer anscheinend erstmalig in der Einleitung zu der 1886 erschienenen 2. Auflage dieses Handbuchs. Hier weist Sorauer darauf hin, daß mit der Berücksichtigung der normalen Äußerung der einzelnen Vegetationsfaktoren bei gewissen Krankheitsgruppen Material für die prophylaktische Behandlung und die Schaffung einer Pflanzenhygiene gesammelt werde.

Dieser Hinweis ist außerordentlich wichtig; denn er deutet an, daß zwischen der Äußerung der einzelnen Vegetationsfaktoren und der Pflanzenhygiene irgendwelche Beziehungen bestehen müssen. Welcher Art diese sind, hat Sorauer selbst wiederholt sehr deutlich, am klarsten in seiner Auseinandersetzung mit

[1]) Rubner, M., Zur Vorgeschichte der modernen Hygiene, Berlin 1905.

R. Hartig[1]) und in seiner Antrittsvorlesung an der Berliner Universität[2]) ausgesprochen. Es dreht sich um die Frage: Gibt es eine Prädisposition der Pflanzen für gewisse Krankheiten?

Der Begriff der Prädisposition ist schon der älteren Pflanzenpathologie nicht unbekannt gewesen.[3]) Er ist aber späterhin unter der Vorherrschaft der mykologischen Forschungsrichtung nahezu in Vergessenheit geraten oder auch, wie z. B. von Julius Kühn[4]), bewußt abgelehnt worden. Man überschätzte die Beweiskraft des Infektionsversuches und ließ sich auf Grund des festgestellten Krankheitsbefundes zu der Annahme verleiten, es gäbe kaum eine Erkrankung, bei welcher Parasiten nicht beteiligt seien; sobald diese vorhanden und die für ihre Entwicklung erforderlichen äußeren Bedingungen erfüllt seien, käme es auch stets zu einer Erkrankung. Und als sich die Angaben mehrten, daß dieselben Infektionsverfahren doch einen unterschiedlichen Erfolg aufwiesen, Angaben, die sich vollkommen mit den im Freiland gemachten Beobachtungen deckten, wurde zur Erklärung dieses unterschiedlichen Ergebnisses die Virulenztheorie aufgestellt.

Demgegenüber kam Sorauer auf Grund umfangreicher Untersuchungen zu dem Schluß, daß für das Zustandekommen einer parasitären Erkrankung nicht die Anwesenheit des Parasiten allein maßgebend sei, sondern auch die Beschaffenheit der Wirtspflanze mitsprechen könne. Er zeigte, daß einmal Pflanzen durch künstliche Änderung eines Vegetationsfaktors in ihrer Konstitution geändert werden können („der Pflanzenleib ändert sich mit dem Wechsel jeder einzelnen Lebensbedingung“[5])) und daß zum anderen der Befall durch Pilze an eine bestimmte Konstitution des Organismus gebunden ist oder doch wenigstens diese bevorzugt, so daß sich Pflanzen mit einer bestimmten Konstitution als besonders empfänglich für die einzelnen Krankheiten erweisen. Diese Beziehung gilt aber, wie Sorauer nachwies, nicht nur für parasitäre Krankheiten, sondern für jede Erkrankung ohne Rücksicht auf ihre Ursache, also z. B. für Erkrankungen durch Boden- und Witterungseinflüsse. In enger Anlehnung an die Auffassung der Medizin bezeichnete Sorauer diesen „inneren Zustand der Geneigtheit oder Vorbereitung einzelner Pflanzen zu gewissen Krankheiten“[6]) als Prädisposition. Diese braucht durchaus nicht etwa in einer Funktionsstörung, also in einer Abweichung von den bisherigen, für den Organismus zweckmäßigen Lebensvorgängen zu bestehen, sondern sie kann auch durch vollkommen normale Entwicklungsphasen bedingt sein, in welchen die Organe eine besondere Empfindlichkeit gegenüber äußeren Eingriffen besitzen. Sorauer unterscheidet demgemäß zwischen abnormer und normaler Prädisposition.

---

[1]) Hartig, R., Der Fichtenrindenkrebs erzeugt durch *Nectria cucurbita Fr.* und *Grapholita pactolana Kühlw.* (*Tortrix dorsana*). Forstw. Zentralbl. N. F. **1**, 1879, 471—476. — Sorauer, P., Gibt es eine Prädisposition der Pflanzen für Krankheiten? Ldw. Versuchsstat. **25**, 1880, 327—372.

[2]) Sorauer, P., Über die Prädisposition der Pflanzen für parasitäre Krankheiten. Arb. Deutsche Landw. Ges. **82**, 1903, 193—210.

[3]) Dieses Handbuch Bd. I, 6. Aufl. Berlin 1933, 1. Teil, S. 146.

[4]) Kühn, J., Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und Verhütung. Berlin 1859. S. 36.

[5]) Sorauer, P., Die Obstbaumkrankheiten. Berlin 1879, V.

[6]) Sorauer, P., Gibt es eine Prädisposition der Pflanzen für Krankheiten? Landw. Versuchsstat. **25**, 1880, 328.

Mit diesen Anschauungen stieß er zunächst auf den schärfsten Widerspruch seiner Fachgenossen Es leuchtet ohne weiteres ein, daß Anerkennung oder Ablehnung einer Prädisposition der Pflanzen für die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten von entscheidender Bedeutung ist. Leugnet man eine Prädisposition der Pflanze, so bleibt als einzige Möglichkeit, die nichtparasitäre Ursache zu beseitigen bzw. den Parasiten selbst zu vernichten. Nimmt man dagegen eine solche an, wie sie heute nachgewiesen ist, so ergibt sich als neuer Grundsatz auch in der Phytopathologie „Erhaltung der Gesundheit ist Vermeidung der Krankheit"[1]), d. h. es kommt darauf an, Maßnahmen zu ergreifen, um die Prädisposition der Pflanze, das „Empfänglichkeitsstadium des Nährorganismus"[2]), zu beseitigen. Sorauer hat deshalb folgerichtig gefordert, die Phytopathologie müsse in Zukunft auf „Vorbeugung der Krankheiten durch eine auszubildende Pflanzenhygiene"[3]) ausgehen. Gegenüber der herrschenden Methode der Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten würde der Erfolg weit sicherer sein, wenn das Vorbeugungsverfahren weiter ausgedehnt würde, „indem wir die Pflanze in einem Zustand zu erhalten suchen, der sie innerhalb der Breite der Gesundheit und widerstandsfähig gegen Parasitenbesiedlung erhält".[2])

Diese Bestrebungen entsprechen also etwa dem, was Rubner an zweiter Stelle seiner Definition als Ziel der modernen Hygiene nennt. Im Einklang damit steht, wenn Morstatt[4]) Pflanzenhygiene als vorbeugende Behandlung bezeichnet. Es fragt sich nun, ob hiermit in der Phytopathologie das Wesen der Hygiene erschöpfend erfaßt ist, oder ob sie ebenso wie in der Humanmedizin, wo Rubner als ihren Kernpunkt Aufklärung, Förderung und Erörterung aller die Gesundheit betreffenden Fragen mit Hilfe der in den Naturwissenschaften üblichen Denkweise ansieht, auch in der Lehre von den Pflanzenkrankheiten noch andere Aufgaben einbegreift.

Morstatt[4]) scheint diese Frage, vielleicht unbewußt, zu bejahen. Denn er spricht an anderer Stelle von Vorbeugung und Hygiene nebeneinander und faßt weiterhin unter Kulturmaßnahmen im Gegensatz zu den Bekämpfungsmaßnahmen alle prophylaktischen Aufgaben der Hygiene zur Gesunderhaltung der Pflanzen zusammen. Daraus wäre zu schließen, daß die Hygiene auch noch andere Aufgaben zu erfüllen hat. Sucht man wieder bei dem Begründer der Pflanzenhygiene nach einer Beantwortung dieser Frage, so könnte man als Parallele zu dem Kernpunkt der Hygiene im Sinne Rubners es ansehen, wenn Sorauer „als unbedingtes Erfordernis für die weitere Ausbildung der Pathologie einerseits und für den Fortschritt unserer Pflanzenkultur andererseits betrachtet, daß die Zustände der Nährpflanzen studiert werden, welche sich bei Krankheiten als besonders widerstandsfähig und als besonders empfänglich und hinfällig gezeigt haben. Wenn Hand in Hand mit diesen Bestrebungen die experimentelle Anzucht von Pflanzen unter künstlich hergestellten Veränderungen der Vegetationsbedingungen geht und der Einfluß dieser Änderungen auf die stoffliche

---

[1]) Dieses Handbuch, Bd. I, 2. Aufl. Berlin 1886, S. 11.

[2]) Sorauer, P., Über die Prädisposition der Pflanzen für parasitäre Krankheiten. Arbeiten Deutsche Landw. Ges. 82, 1903, 210, 194.

[3]) Dieses Handbuch, Bd. I, 3. Aufl. Berlin 1909, S. 68.

[4]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 142—143.

und gestaltliche Entwicklung des Pflanzenteiles nachgewiesen wird, dann werden wir den richtigen Weg betreten haben, wie wir durch die Kultur manchen Krankheiten entgegenarbeiten können."[1])

Ob Sorauer aber wirklich diese Forschungsarbeit in die Aufgaben der Hygiene einbegriffen wissen wollte, erscheint sehr fraglich. Schließt er doch z. B. seine Antrittsvorlesung mit den Worten: „Unsere nächste Aufgabe ist die Förderung der pathologischen Chemie und die Schaffung einer Pflanzenhygiene."[2]) Erstere denkt er sich zweifellos in dem eben angedeuteten Sinne. Er stellt also hier die Erforschung der Zusammenhänge zwischen Empfänglichkeitszustand der Pflanze neben die Schaffung einer Pflanzenhygiene. Noch deutlicher geht das aus der von ihm vorgeschlagenen Vierteilung des gesamten Stoffgebietes der Phytopathologie hervor. Hier tritt neben Pathographie, Pathogenie und Therapie die Prophylaxis oder das Vorbeugungsverfahren. Versucht man in diese Stoffeinteilung den Begriff der Pflanzenhygiene einzugliedern, so kann es nach den bisherigen Ausführungen keinem Zweifel unterliegen, daß allein das Gebiet der Prophylaxis die Möglichkeit der Einordnung bietet. Ja, man wird beide Begriffe nunmehr mehr oder weniger gleichsetzen müssen: Prophylaxis ist „eine auf die Gesunderhaltung gerichtete rationelle Hygiene. — Diese beruht auf der Tatsache der Prädisposition der Pflanze und strebt an Stelle des direkten Einschreitens gegen Schädlinge eine Kräftigung der Pflanzen und die Ausschaltung der in ihnen liegenden Bedingungen für den Eintritt der Erkrankung an."[3])

Wenn man demnach für die Phytopathologie zu einer wesentlich engeren Begrenzung des Begriffs der Hygiene gelangt, als sie nach der Definition Rubners für die Humanmedizin Gültigkeit hat, so läßt sich trotzdem leicht eine Brücke schlagen. Praußnitz[4]) unterscheidet nämlich zwischen wissenschaftlicher und praktischer Hygiene. Erstere hat alles zu erforschen, was der Gesundheit nachteilig ist oder sein könnte, und die Bedingungen festzustellen, die für das Gedeihen der Menschen am förderlichsten sind. Letztere ist bemüht, die Mittel anzugeben und die Maßnahmen durchzuführen, durch welche die Gefahren für die Gesundheit der Menschen vermieden und deren Organismus möglichst widerstandsfähig gemacht werden kann. Demnach deckt sich also der Begriff der Pflanzenhygiene mit dem der praktischen Hygiene in der Humanmedizin. Die von letzterer der wissenschaftlichen Hygiene gestellten Aufgaben werden dagegen in der Phytopathologie im wesentlichen der Pathogenie oder der Lehre von der Entstehung der Krankheiten zugewiesen.

Einer weiteren Abgrenzung bedarf die Pflanzenhygiene schließlich noch gegenüber der Therapie. Von Therapie im strengen Sinne des Wortes, wie es in der Humanmedizin gebraucht wird, d. h. von der Heilung eines erkrankten Organismus wird bei Pflanzen nur selten gesprochen werden können. Für eine solche gibt es, namentlich bei einjährigen, bisher nur wenige Beispiele, wie die Manganbehandlung dörrflecken-

---

[1]) Sorauer, P., Gibt es eine Prädisposition der Pflanzen für gewisse Krankheiten? Landw. Versuchsstat. **25**, 1880, 371.

[2]) Sorauer, P., Über die Prädisposition der Pflanzen für parasitäre Krankheiten. Arbeiten Deutsche Landw. Ges. **82**, 1903, 210.

[3]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 131.

[4]) Praußnitz, C., Grundzüge der Hygiene. München 1923.

kranker Haferbestände und die Borbehandlung trocken- und herzfauler Rübenbestände. Das mag auch der Grund dafür sein, daß in neuester Zeit von zwei Autoren dem Begriff Pflanzenhygiene eine Auslegung gegeben worden ist, bei der auf eine Trennung von Hygiene und Therapie ganz verzichtet worden ist. Baunacke[1]) hat neuzeitliche Pflanzenhygiene mit wirtschaftlichem Pflanzenschutz gleichgesetzt, während Prell[2]) die Aufgabe der Pflanzenhygiene in der Erhaltung und Förderung der Pflanzen sieht. „Ihr Ziel ist es, eine möglichst hohe Vermehrung irgendwelcher für den Menschen wertvoller Pflanzenarten zu erreichen." Mit der letzteren Verallgemeinerung wäre das Wesen der Pflanzenhygiene überhaupt nicht gekennzeichnet, wenn Prell nicht vorher als grundsätzliche Aufgabe der Hygiene aller Organismen „die planmäßige Ausschaltung der eine Organismenart störenden oder sie dezimierenden Faktoren" bezeichnet hätte. Es ist klar, daß bei einer solchen Auslegung des Begriffs Pflanzenhygiene für eine Therapie kein Platz mehr ist, wenn man die ganz vereinzelt vorkommenden Fälle einer solchen im strengen Sinne des Wortes vernachlässigt. Trotzdem soll hier an einer Trennung von Pflanzenhygiene und Pflanzentherapie festgehalten werden, weil sie der Auffasssung Sorauers entspricht und den Überblick über das gesamte Gebiet des Pflanzenschutzes klarer gestaltet, der sich natürlich nicht, wie die Formulierung Baunackes erwarten lassen müßte, in der Pflanzenhygiene erschöpft. Daß Sorauer Hygiene und Therapie geschieden wissen wollte, hat er deutlich zum Ausdruck gebracht, wenn er auch in diesem Fall von Prophylaxe spricht: „Die Wege, gegen eine Epidemie vorzugehen, sind entweder therapeutisch oder prophylaktisch. Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich die Therapie, nämlich die direkte Bekämpfung durch Fungizide nur in wenigen Fällen als erfolgreich erwiesen, und man kommt mehr und mehr zu der Anschauung, daß die vorbeugende Methode die aussichtsvollere ist."[3]) Sorauer weist damit auch den Weg zur Unterscheidung zwischen Hygiene und Therapie. Die Trennung läßt sich durchführen, wenn man in einer gewissen Abwandlung des Begriffes Therapie hierunter alle diejenigen Maßnahmen zusammenfaßt, die in erster Linie auf eine Vernichtung des Parasiten abzielen, dagegen von Hygiene spricht, sobald es sich vornehmlich um eine Beeinflussung der Prädisposition der Pflanze handelt. Es muß zugegeben werden, daß sich bei einer solchen Begriffsbegrenzung nicht immer scharfe Grenzen zwischen Hygiene und Therapie ziehen lassen. Die Samenbeizung z. B. kann man zu letzterer rechnen, weil es sich um eine unmittelbare Bekämpfung des Krankheitserregers handelt. Man kann sie aber auch mit Sorauer[4]) als eine Maßnahme der Hygiene im Sinne von Prophylaxe ansehen, indem durch das Beizen der Erkrankung der Pflanze vorgebeugt wird. In der Mehrzahl der Fälle wird aber eine zwanglose Scheidung nach dem oben angeführten Gesichtspunkt möglich sein. Die Darstellung der Hygiene hat sich dann in

[1]) Baunacke, W., Pflanzenhygiene in der Landwirtschaft. Nachrichtenblatt f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 41.

[2]) Prell, H., Die rechtliche Stellung der Pflanzenhygiene. Tharandter forstl. Jahrb. **84**, 1933, 718, 719.

[3]) Sorauer, P., Unsere Aufgabe. Intern. Phytopath. Dienst **1**, 1908, 7.

[4]) Sorauer, P., Über die Prädisposition der Pflanzen für parasitäre Krankheiten. Arb. Deutsche Landw. Ges. **82**, 1903, 194.

erster Linie auf eine Erörterung aller Kulturmaßnahmen im weitesten Sinne zu erstrecken, die geeignet sind, die für eine gesunde Entwicklung der Pflanze erforderlichen Bedingungen zu schaffen. In Anlehnung an die Humanmedizin sollen aber in diesem Abschnitt auch die dem Parasitenbefall vorbeugenden Entseuchungs- und Absperrmaßnahmen behandelt werden, obgleich sie teilweise wenigstens eine Vernichtung des Parasiten anstreben. Das ist um so verständlicher, als Hygiene und Prophylaxis als weitgehend sich deckende Begriffe erkannt worden sind und als auch Sorauer zum mindesten die Absperrmaßnahmen in die Hygiene mit eingeschlossen wissen wollte: „Die vorbeugende Methode wird sich nach zwei Richtungen hin ins Werk setzen lassen, indem man einerseits versucht, die Einwanderung eines Parasiten zu verhindern, andererseits den bedrohten Nährorganismus in derartige Verhältnisse zu bringen, daß er nach den im Vaterlande des Parasiten gemachten Erfahrungen eine größere Widerstandskraft der Ansiedlung desselben entgegensetzt.“[1])

## A. Kulturmaßnahmen

Von Professor Dr. H. Braun, Berlin-Dahlem

a) Standortsberücksichtigung. 1. Berücksichtigung des Standortes als Ganzem. 2. Berücksichtigung einzelner Standortsfaktoren. α) Klima, β) Boden, γ) Örtliche Lage. — b) Standortsverbesserung. 1. Klimaverbesserung. 2. Bodenverbesserung. 3. Bodenbearbeitung. 4. Düngung. — c) Die Pflanze als unmittelbares Objekt hygienischer Maßnahmen. 1. Fruchtwechsel. 2. Sortenwahl. 3. Saatgutauslese. 4. Saatzeit. 5. Saattiefe. 6. Standweite.

Eine Darstellung der hygienischen Kulturmaßnahmen begegnet gewissen Schwierigkeiten. Morstatt[2]) weist bei Besprechung der Düngung als Maßnahme der Pflanzenhygiene darauf hin, daß hier schon eine Reihe wichtiger Erfahrungen gewonnen, daß aber diese Fragen noch wenig im besonderen Hinblick auf Krankheiten zusammenfassend bearbeitet seien. Das gilt ganz allgemein für die Pflanzenhygiene. Bislang sind nur wenige Versuche durchgeführt worden mit dem Ziel klar zu stellen, wie sich diese oder jene Maßnahme auf die Prädisposition der Pflanze auswirkt. Ich habe mich deshalb gezwungen gesehen, überwiegend indirekt vorzugehen, indem ich aus den beobachteten und erforschten Zusammenhängen von Ursache und Wirkung die entsprechenden Schlußfolgerungen für die Gestaltung der Hygiene abzuleiten suchte.

Das hat den weiteren großen Nachteil, daß das Auffinden der einschlägigen Arbeiten sehr erschwert, wenn nicht in vielen Fällen unmöglich gemacht wird. Einerseits werden Stichworte nur selten im Titel enthalten sein, andererseits ist es naturgemäß undurchführbar, die gesamte Literatur auf jede einzelne Krankheit hin durchzusehen und festzustellen, ob etwas über hygienische Maßnahmen gegen sie mitgeteilt worden ist. Ein derartiges Vorgehen ist aber nicht nur unmöglich, sondern auch überflüssig, da selbst wenn derartige Angaben sich finden, sie vielfach der notwendigen exakt-experimentellen Unterlagen entbehren. Gerade auf dem hier behandelten Gebiet gilt auch heute noch, worüber A. B. Frank schon 1880 in dem Vorwort zu seinem Handbuch „Die Krankheiten der Pflanzen“ klagt: „Die Wissenschaft wird hier besonders bedroht durch eine Flut kleinerer Spezialliteratur, die unter scheinbar wissenschaftlicher Flagge mit dreisten Prätensionen auftritt, ohne nur den Schatten eines Beweises für ihre Behauptungen beizubringen, ja oft ohne nur eine Ahnung zu haben, wie man überhaupt einen solchen Beweis erbringt, weil dem Betreffenden die dazu erforderlichen Kenntnisse abgehen. Gegen diesen Unfug ist das einzig richtige Verhalten, alles Derartige mit Stillschweigen zu übergehen. Aber innerhalb der Wissenschaft gilt es, hauptsächlich die Grenzen zwischen sicher ermittelten Tatsachen und allem noch Zweifelhaften scharf zu bezeichnen und aus dem

[1]) Sorauer, P., Unsere Aufgabe. Intern. Phytopath. Dienst 1, 1908, 7.
[2]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 146.

unmittelbar Beobachteten keine unberechtigten Schlüsse zu ziehen." Diesem letzteren Grundsatz wird jeder beipflichten können.

Dagegen braucht wohl nicht betont zu werden, daß die im nachfolgenden getroffene Literaturauswahl nicht etwa nur auf die Befolgung des weiteren Standpunkts von Frank zurückgeführt werden darf; vielmehr müssen dabei die geschilderten Schwierigkeiten berücksichtigt werden, die das Übersehen dieser oder jener wertvollen Arbeit unvermeidlich machen. Andererseits werden in manchen Fällen sogar Hinweise aus der Literatur herangezogen, die einer scharfen Kritik nicht unbedingt standhalten. Das erscheint gerechtfertigt, wenn dadurch wichtige Gesichtspunkte der Pflanzenhygiene aufgezeigt werden können, denen für die Zukunft Beachtung zu schenken ist. Derartige Hinweise mögen als Anregung für weitere wissenschaftliche Forschungsarbeit gewertet werden.

Der von mir notwendigerweise eingeschlagene Weg schließt schließlich noch eine weitere Schwierigkeit in sich. Weil ich häufig gezwungen gewesen bin, Versuche zur Darstellung der hygienischen Kulturmaßnahmen heranzuziehen, die zur Lösung einer anderen Aufgabe durchgeführt worden sind, werden sich unter Umständen Wiederholungen nicht vermeiden lassen, indem dieselbe Arbeit an verschiedenen Stellen dieses Handbuchs zur Besprechung gelangen wird. Greifen wir ein Beispiel heraus. Brandenburg hat nachgewiesen, daß die Herz- und Trockenfäule der Rüben auf Bormangel zurückzuführen ist. Dann werden diese Versuche zunächst unter der Pathographie bei Erörterung der durch Bormangel hervorgerufenen Krankheitssymptome besprochen, während sie unter der Pathogenie bei Behandlung des Bors als Krankheitsursache gebracht werden. In der Therapie und in der Hygiene wird die Nutzanwendung aus den beobachteten Zusammenhängen gezogen, was in diesem Fall um so eher angängig ist, als die Wirkung entsprechender Borgaben tatsächlich geprüft worden ist. In der Therapie wird auf die Heilwirkung des Bors hingewiesen, in der Hygiene seine Anwendung als Vorbeugungsmaßnahme empfohlen. Überschneidungen der angedeuteten Art werden sich namentlich für die Gebiete der Pathogenie einerseits, der Hygiene andererseits ergeben, da die Erkenntnis von Ursache und Wirkung die besten Anhaltspunkte für die Gestaltung der Hygiene geben wird.

Alle diese Schwierigkeiten zwingen dazu, bei dieser ersten Darstellung der Pflanzenhygiene weniger eine möglichst restlose Erfassung der einschlägigen Literatur anzustreben und sich in Einzelheiten zu verlieren als vielmehr die leitenden Grundgedanken an Hand der wichtigsten Forschungsergebnisse auf weitgehend gesicherter Grundlage herauszuschälen.

Kulturmaßnahmen der Pflanzenhygiene sind oft viel älter, als man im allgemeinen anzunehmen pflegt.[1]) Sie sind auch viel verbreiteter, als es zunächst den Anschein haben mag. Denn Hiltner[2]) betont mit Recht, daß es sich bei fast jeder Arbeit des Landwirts oder Gärtners, wenn auch meist nur indirekt, um eine solche handelt, die mit im Interesse des Pflanzenschutzes im Sinne einer richtigen, den Pflanzenarten angepaßten Kultur ausgeführt wird. Daraus erhellt ohne weiteres, daß die der Hygiene dienenden Kulturmaßnahmen außerordentlich mannigfaltig sein müssen. Das findet auch seine Bestätigung in der Verwendung dieses Begriffes, wie wir ihm vereinzelt in der Literatur begegnen. Wenn er dort vielleicht auch nicht immer in voller Übereinstimmung mit der ihm hier gegebenen Bedeutung benutzt worden ist, so umschließt er doch im wesentlichen stets die hygienischen Kulturmaßnahmen.

So spricht v. Thümen[3]) bereits 1885 von Ackerhygiene, unter der er die Entfernung oder Unschädlichmachung aller jener Einflüsse versteht, welche einer Verbreitung schädlicher

---

[1]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 131.

[2]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, III.

[3]) Thümen, F. v., Die Ursachen der stetig zunehmenden Parasitenschäden an unseren Kulturgewächsen. Fühlings landw. Ztg. **34**, 1885, 201.

Insekten und Pilze Vorschub leisten. Der gleiche Ausdruck taucht neuerdings bei Stebutt[1]) auf. 1912 weist Hiltner[2]) darauf hin, daß sich auf dem Gebiet des gesamten Pflanzenschutzes immer mehr durch richtige Verbindung zweckentsprechender Bodenbearbeitung und Düngung sowie durch Berücksichtigung der bodenbakteriellen Verhältnisse das Bestreben geltend mache, ein neues besonders verheißungsvolles landwirtschaftliches Forschungsgebiet zu schaffen, das der Bodenhygiene. Dieser von Hiltner geprägte Ausdruck hat späterhin wiederholt Eingang in die Literatur gefunden. Arndt[3]) versteht darunter eine dauernde Gesunderhaltung der Äcker. In die gleiche Richtung weist es, wenn Löhnis[3]) den engen Zusammenhang zwischen Bodengare und Bodenhygiene betont. Und Krause[4]) führt die immer weiter um sich greifende Erkrankung unserer Böden und als Folge davon unserer Kulturpflanzen darauf zurück, daß man über der Düngung die Bodenhygiene vergessen habe. In all diesen Fällen kommt also in der Wortbildung zum Ausdruck, daß sich die hygienischen Maßnahmen in irgendeiner Weise am Boden als dem Träger der Pflanze auswirken. Ob freilich die Bezeichnung Bodenhygiene sehr glücklich gewählt ist, muß bezweifelt werden. Sie setzt die Zustimmung zur Auffassung des Bodens als eines Organismus voraus, wie sie z. B. von Schneider[5]) vertreten wird, der eindeutig ausspricht, daß es sich nicht nur bei den Pflanzen, sondern auch bei den Böden um Organismen handele! Moritz[6]) bestreitet allerdings, daß die Verwendung des Begriffs Bodenhygiene an diese Voraussetzung geknüpft sei. Er meint, es sei ohne weiteres angängig, von Bodenhygiene und Bodentherapie zu sprechen, wenn damit Maßnahmen der Bodenbeeinflussung zu Pflanzenschutzzwecken gemeint seien, verwahrt sich aber auf der anderen Seite ausdrücklich gegen eine Vergleichbarkeit des Bodens mit Organismen, wie sie z. B. Scheffer bei Aufstellung des Begriffes „Bodenphysiologie“ offenbar vorgeschwebt habe. Diese Stellungnahme muß befremden. Es ist nicht einzusehen, warum in Begriffen wie „Bodenphysiologie“, „Bodenkrankheiten“, „Bodenpathologie“[7]) ein Vergleich des Bodens mit einem Organismus zum Ausdruck kommen soll, für die Begriffe „Bodenhygiene“ und „Bodentherapie“ diese Vorstellung aber nicht gegeben sein soll. Wo soll hier die Grenze gezogen werden? Wenn in der Human- und Veterinärmedizin vielfach der Begriff Hygiene in ähnlichen, die tatsächlichen Zusammenhänge falsch wiedergebenden Wortverbindungen gebraucht wird, so gibt das in keiner Weise die Berechtigung, nach Übertragung dieses Begriffes in die Phytopathologie sich ähnlicher falscher Wortbildungen zu bedienen; vielmehr sollte man von Anfang an bemüht sein, es zu solchen Verwirrungen erst gar nicht kommen zu lassen. Sonst kann man sich nicht wundern, wenn die Vorstellung von dem Boden als Organismus derart auf die Spitze getrieben wird, wie E. Hiltner[8]) es getan hat, wenn er den Boden vergleichsweise als den Mageninhalt der in ihm wurzelnden Pflanzen bezeichnet und den Begriff der verdauenden Kraft des Bodens prägt. „Wird der Boden auf die Dauer der Jahre nicht verdauungskräftig erhalten, so kann er als Magen der Pflanze leiden und krank werden.“ Und dabei handelt es sich doch nicht um eine Erkrankung des Bodens, sondern um eine Erkrankung der auf ihm erwachsenen Pflanze. Dem Wesen der Hygiene wird deshalb Boshart[9]) zweifellos besser gerecht, wenn er Richtlinien für eine hygienische Ernährung der Gemüsepflanzen mit Rücksicht auf parasitäre Krankheiten

---

[1]) Stebutt, A., Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. Berlin 1930, S. 481.

[2]) Hiltner, L., Über den Einfluß der Ernährung und der Witterung auf das Auftreten pilzlicher und tierischer Schädlinge. Jahrb. Deutsche Landw. Ges. **27**, 1912, 167.

[3]) Arndt, Bodenhygiene und Gründüngung. Zitiert nach Löhnis, F., Bodenbakterien und Bodenfruchtbarkeit. Berlin 1914, S. 55.

[4]) Krause, M., Steigerung der Ernteerträge durch verbesserte Bodenbearbeitung. Berlin 1928, IX.

[5]) Schneider, C., Das Wesen des Gartens. Deutsche Zukunft 21. 4. 1935, 15.

[6]) Moritz, O., Weitere Studien über die Ophiobolose des Weizens. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **20**, 1932, 45.

[7]) Pozdena, Bodenkrankheiten und ihre Heilung. Wiener landw. Ztg. **81**, 1931, 363—364.

[8]) Hiltner, E., Versuche über den Einfluß der Brache auf Boden und Pflanze. Arb. Deutsche Landw. Ges. Heft 364, 34, 1928.

[9]) Boshart, K., Richtige Ernährung und Düngung als Grundlage gesunden Pflanzenwachstums im Gemüsebau. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz **7**, 1930, 264.

geben will. Claus[1]) schließlich benennt die Hygiene nach der Pflanze, der sie gilt, und schildert beispielsweise die Maßnahmen der Rübenhygiene. Dengler[2]) fordert Bekämpfung der Massenerkrankungen unserer Waldbestände durch eine Art Waldhygiene, während v. Vietinghoff-Riesch[3]) dem rationalen Begriff des Forstschutzes den der Waldhygiene gegenüberstellt, der ein wesentlich weiterer, in die Zukunft gerichteter sei. In der Waldhygiene sei die Frage nach dem allgemeinen Gesundheitszustand, der Harmonie des Waldwesens von allererster Bedeutung.

Die Mannigfaltigkeit der hygienischen Kulturmaßnahmen wird uns schließlich ohne weiteres klar, wenn wir bedenken, daß das Ziel der Pflanzenhygiene, die Gesunderhaltung der Pflanzen im weitesten Sinne, im großen und ganzen nur durch Schaffung günstigster Entwicklungsbedingungen zu erreichen ist. Hierzu bedarf es aber naturgemäß einer großen Reihe verschiedenartigster Maßnahmen. Die erste und wichtigste von diesen ist zweifellos die Wahl eines geeigneten Standortes. Denn es ist klar, daß nur auf einem solchen sich eine Pflanze gesund zu entwickeln vermag. Vielfach werden wir aber in der Auswahl des Standortes beschränkt und gezwungen sein, auch minder günstige Standorte zum Anbau heranzuziehen. Dann bleibt uns nichts anderes übrig als zu versuchen, diese ungünstigen Bedingungen durch entsprechende Maßnahmen zu verbessern. Besondere Beachtung verdient dabei die Gruppe der edaphischen Standortsfaktoren, d. h. aller derjenigen Faktoren, die sich auf den Boden beziehen. Ein ursprünglich günstiger Boden kann bekanntlich durch Witterungseinflüsse wie durch fortgesetzte Inanspruchnahme für die Pflanzenkultur nachteilige Veränderungen erleiden. Diesen müssen wir fortlaufend entgegenarbeiten, sei es durch entsprechende Bodenbearbeitung, sei es durch Zuführung von Nährstoffen. Aber nicht nur auf die Behandlung des Bodens haben wir unser Augenmerk zu richten. Vielmehr bietet uns auch die Pflanze selbst weitgehende Angriffspunkte für hygienische Maßnahmen. Den verschiedenartigen Ansprüchen der einzelnen Pflanzenarten an den Standort können wir bis zu einem gewissen Grade gerecht werden und den nachteiligen Einflüssen der letzteren auf den Standort begegnen durch Wahl einer geeigneten Fruchtfolge, die vor allem auch unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung einseitiger Vermehrung mancher auf bestimmte Kulturen angewiesener Parasiten Beachtung verdient. Durch Saat- und Pflanzgutauslese, durch Wahl der Saat- und Pflanzzeit, -dichte und -tiefe sowie der Schnittzeit, durch Beseitigung von Unkräutern und Ernterückständen sowie in besonderen Fällen durch Pflege der Einzelpflanze können wir in vielseitigster Weise zur Gesunderhaltung der Pflanzen beitragen. Und schließlich steht uns als letzte und wirksamste Maßnahme der Pflanzenhygiene der Anbau krankheitsresistenter Sorten zur Verfügung.

Jede einzelne dieser Maßnahmen kann nun, zumal sie meist mehrere Einzelarbeiten umfaßt, wieder auf die verschiedenste, durch die jeweiligen Bedingungen bestimmte Weise zur Durchführung gelangen. So kommt die außerordentlich große Mannigfaltigkeit der Hilfsmittel zustande, die wir im Dienst der Pflanzenhygiene anzuwenden vermögen.

---

[1]) Claus, E., Zur Rübenpflege. Superphosphat **6**, 1930, 95.

[2]) Dengler, A., Waldbau auf ökologischer Grundlage. Berlin 1930, S. 265.

[3]) Vietinghoff-Riesch, A. v., Vogelschutz und Waldhygiene. Tharandter Forstl. Jahrbuch **83**, 1932, 354.

Dabei haben diese hygienischen Maßnahmen den therapeutischen gegenüber noch einen großen, nicht zu unterschätzenden Vorzug. Da sie letzten Endes in der Mehrzahl der Fälle darauf hinauslaufen, der Pflanze nach jeder Richtung hin die günstigsten Entwicklungsbedingungen zu verschaffen, ist ihre Durchführung für jede erfolgreiche Pflanzenkultur meist ohnehin unerläßlich, unbeschadet der besonderen Bestrebungen der Pflanzenhygiene. Die Wege, die vom rationellen Pflanzenbau und von der rationellen Pflanzenhygiene einzuschlagen sind, sind also weitgehend die gleichen. Maßnahmen der letzteren erfordern demnach, im Gegensatz zu solchen der Therapie, meist keine besonderen Aufwendungen und vermögen darüber hinaus vielfach letztere entbehrlich zu machen und die durch sie bedingten Kosten zu ersparen. Wir können also durch eine rationelle Pflanzenhygiene die Produktion heben und verbilligen, ihre Gleichmäßigkeit erhöhen und dadurch das Risiko verringern. Deshalb ist eine genaue Kenntnis der pflanzenhygienischen Kulturmaßnahmen, soweit ihre Wirkung durch experimentelle Forschung ausreichend sichergestellt ist, und ihre weitestgehende Anwendung im praktischen Betriebe von größtem Wert.

### a) Standortsberücksichtigung

#### 1. Berücksichtigung des Standortes als Ganzem.

Unter Standort versteht die moderne Pflanzengeographie[1]) die Summe der klimatischen, edaphischen und biotischen Faktoren in ihren Beziehungen zur einzelnen Pflanze oder zu ganzen Beständen. Standort darf also nicht einseitig edaphisch aufgefaßt werden. Die pflanzengeographische Forschung lehrt weiter, daß sich an den meisten Standorten nur solche Pflanzen im Kampf ums Dasein behaupten können, die sich in einem den äußeren Bedingungen entsprechenden Gleichgewicht ihrer Funktionen, dem ökologischen Optimum, befinden.[2]) Dabei bezeichnet Schimper als ökologisches Optimum die Gesamtheit nicht der absoluten Optima, welche der höchsten Intensität, sondern der harmonischen Optima, welche der günstigsten Intensität sämtlicher Funktionen entsprechen. Daraus geht ohne weiteres hervor, daß unsere Kulturpflanzen günstigste Entwicklungsbedingungen nur dann finden, wenn ihr Standort ihrem ökologischen Optimum entspricht. Nun wissen wir zwar, daß sich die Pflanzen veränderten Standortsbedingungen bis zu einem gewissen Grade anzupassen vermögen, so daß sie auch dann noch, zumindest bei Ausschaltung des freien Konkurrenzkampfes, ihr Dasein zu fristen vermögen. Andererseits sind dieser ökologischen Anpassung[3]) aber doch ganz bestimmte spezifische Grenzen gezogen. Und wenn wir mit Klebahn[4]) als Krankheit jede Abweichung vom normalen Verlauf der Lebensvorgänge bezeichnen, die in dem Sinne stattfindet, daß das Leben des Organismus oder seiner Teile dadurch bedroht wird, so wird ohne weiteres klar, daß jeglicher Anbau einer Kulturpflanze außerhalb des ökologischen Optimums

---

[1]) Diels, L., in Schneiders Handwörterbuch der Botanik. 2. Aufl. Leipzig 1917, S. 673.
[2]) Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898, S. 50.
[3]) Haberlandt, G., Physiologische Pflanzenanatomie. 5. Aufl. Leipzig 1917, 6
[4]) Klebahn, H., Grundzüge der allgemeinen Phytopathologie. Berlin 1912, 1.

mit Gefahren verbunden ist, die um so größer werden, je weiter wir uns von dem ökologischen Optimum entfernen.

Auf die Wichtigkeit dieser pflanzengeographischen Gesichtspunkte für den landwirtschaftlichen Pflanzenbau hat in den letzten Jahren namentlich Werneck-Willingrain[1]) hingewiesen. Hier tritt freilich die Art, welche in der allgemeinen Pflanzengeographie die unterste Einheit bildet, hinter der Rasse oder Sorte zurück. Aber die Gesetzmäßigkeiten, denen beide Formenkreise unterliegen, sind die gleichen. Genau wie die Art bei dem Versuch des Vordringens über die natürlichen Grenzen ihres Verbreitungsgebietes hinaus unüberwindlichen, durch die Gesamtheit der Umweltfaktoren gezogenen Schranken begegnet und mit der Annäherung an diese „untere Daseinsschwelle" aus Ursachen, welche oft nicht klar erkennbar sind, kränkelt oder doch stark krankheitsanfällig wird, genau ebenso ergeht es der Sorte, wenn sie unter ihr nicht zusagende Umweltsbedingungen gerät. „Sie hat zunächst mit physiologischen Hemmungen zu kämpfen, welche sie aus einem normalen Gesundheitszustande, dem Gleichgewicht mit den Umweltkräften, herausreißen, sie wird weniger widerstandsfähig gegen Krankheiten und unterliegt schließlich den zu einem allgemeinen Daseinsminimum zusammenwirkenden Umweltkräften." Hierin sieht Werneck-Willingrain zum wesentlichen Teil die Erklärung des in der Landwirtschaft mit dem Ausdruck „Abbau" bezeichneten Vorgangs. Er macht den ausgedehnten Saatgutverkehr von Mitteleuropa in alle möglichen Vegetationsregionen, der zum Anbau vegetationsfremder Sorten führt, dafür verantwortlich, daß weite Gebiete von den verschiedensten Krankheiten heimgesucht werden.

Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, daß die erste Forderung der Pflanzenhygiene sein muß, der Pflanze einen ihrem ökologischen Optimum möglichst genau entsprechenden Standort zu bieten. Wir werden dadurch von vornherein der Gefahr entgegenarbeiten, daß die Pflanze in den Zustand der abnormen Prädisposition gerät. Für die Verhinderung des Auftretens parasitärer Pflanzenkrankheiten ist aber hinsichtlich des Standortes noch ein weiterer Gesichtspunkt zu beachten.

Zunächst einmal ist die abnorme Prädisposition der Pflanze keineswegs in allen Fällen unerläßliche Voraussetzung für den Befall durch Parasiten. Infolgedessen kann auch ihre Ausschaltung durch Anbau an einem lediglich unter Berücksichtigung des ökologischen Optimums der Pflanze geeigneten Standort nicht genügen, um dem Befall vorzubeugen. Dazu kommt, daß der Standort auf die normale Prädisposition der Pflanze nur einen beschränkten Einfluß ausübt. Es ist deshalb unerläßlich, den Standort auch auf die Entwicklungsbedingungen zu prüfen, die er den Parasiten unserer Kulturpflanzen gewährt.

Das Prinzip des ökologischen Optimums gilt naturgemäß nicht nur für die höheren Pflanzen, sondern in gleicher Weise für alle Organismen, also auch für die tierischen und pflanzlichen Parasiten. Auch sie haben, pflanzengeographisch betrachtet, ihr ökologisches Optimum. Aber die Dinge liegen hier insofern wesentlich verwickelter, als das ökologische Optimum der Parasiten über diejenigen Faktoren hinaus, die für das Optimum der Kulturpflanzen maßgebend sind,

[1]) Werneck-Willingrain, H. L., Der Getreidebau auf pflanzengeographischer Grundlage. Pflanzenbau 1, 1925/6, 394ff.

noch durch das Vorhandensein und die Beschaffenheit der letzteren entscheidend beeinflußt wird.

Dieses außerordentlich komplizierte Zusammenspiel der verschiedensten Komponenten kommt z. B. in der Vermutung Sachtlebens[1]) sehr deutlich zum Ausdruck, daß die Witterungsverhältnisse nur dann eine Massenvermehrung der Forleule hervorrufen, wenn auch die Bodenbeschaffenheit (Bodendecke und Bodenflora) und die Bestandsverhältnisse (Alter und Zusammensetzung der Bestände, Bestandbonität) dem Entstehen einer Forleulenkalamität günstig sind.

In der Schwierigkeit, diese vielfachen und verwickelten Wechselbeziehungen aufzudecken, ist der Grund für unsere noch sehr unzureichenden Kenntnisse zu suchen, ob und warum eine Art in einer bestimmten Gegend als Schädling auftritt oder nicht, und welches die Bedingungen für eine allgemeine Tendenz zu Übervermehrungen sind. Wilke[2]) weist mit Recht darauf hin, daß nicht aus dem Forschen nach Einzelheiten, sondern aus der Ganzheitsforschung das Verständnis für diese Zusammenhänge erwächst. Deshalb ist es noch ein weiter Weg bis zu dem Ziel, „that in the future parasites may be regarded, not as pests to be destroyed, but as a very valuable indicator provided by nature for checking the proceedings of the agriculturist“[3]).

Für die Berücksichtigung des Standortes ist nun von entscheidender Bedeutung, daß er im wesentlichen als eine feste Größe anzusehen ist.

„Immer noch gibt die Endsumme sämtlicher Umweltfaktoren, wie sie von der Natur geboten werden, den Ausschlag, während jene Faktoren, welche der Mensch ganz oder teilweise zu beherrschen glaubt, das gesamte Bild der Verteilung der Kulturpflanzen verhältnismäßig wenig beeinflussen, dagegen nur im gegebenen Rahmen abzustufen vermögen.“[4])

Das hat zur Folge, daß das ökologische Optimum weniger durch Wahl eines entsprechenden Standortes als vielmehr durch Auswahl von dem Standort angepaßten Kulturpflanzen zu erreichen sein wird. Hinsichtlich des ersteren wird uns in der Hauptsache nur eine negative Auslese übrig bleiben, eine Ausschaltung ungeeigneter Standorte, falls nicht eine Behebung der diesen anhaftenden Mängel durch die später zu besprechenden Maßnahmen möglich ist. Im Einklang damit steht die Anschauung v. Rümkers[5]), man müsse im allgemeinen daran festhalten, in größerem Umfang möglichst nur das zu bauen, dessen Gedeihen von der Natur der Örtlichkeit gesichert oder begünstigt wird, da bei Überschreiten der durch Boden und Klima sowie durch den Intensitätsgrad der ganzen Wirtschaft meist ziemlich scharf vorgezeichneten Grenzen nicht nur die Produktionsunkosten, sondern auch das Risiko gesteigert würden, und zwar in desto höherem Maße, je erzwungener der Anbau der betreffenden Pflanzenformen an einem Orte sei. Risiko heißt in diesem Fall nichts anderes als Erhöhung der Krankheitsanfälligkeit.

---

[1]) Sachtleben, H., Die Forleule. Berlin 1929, S. 98.

[2]) Wilke, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **18**, 1931, 584.

[3]) Zitiert nach Mumford, E. P., Cotton Stainers and certain other sapfeeding insect pests of the cotton plant. London 1926, S. 25.

[4]) Werneck-Willingrain, H. L., Der Pflanzenbau in Niederösterreich auf naturgesetzlicher Grundlage. Leipzig 1924, S. 4.

[5]) Rümker, K. v., Über Fruchtfolge. 5. Aufl. Berlin 1920, S. 36.

Suchen wir nach Richtlinien für eine den Grundsätzen der Hygiene entsprechende Beschaffenheit des Standortes im Sinne der eingangs gegebenen Definition, so müssen wir feststellen, daß uns bislang nur wenige exakte Unterlagen zur Verfügung stehen. Das hat seinen sehr naheliegenden Grund darin, daß man bisher überwiegend die Abhängigkeit der Entwicklung der Pflanzen und ihrer Parasiten von einzelnen Faktoren, nicht von dem Standort als Ganzem, untersucht hat, obwohl erstere doch in engster, schwer trennbarer Wechselwirkung miteinander stehen. Ja, man ist sich über die umfassende Bedeutung des Standortbegriffes vielfach gar nicht einmal recht klar geworden, wie z. B. eine Äußerung Piepers[1]) zeigt, der die Gunst der klimatischen Lage als Standort bezeichnet, während häufiger noch nur der Boden unter Standort verstanden wird. Vor allem aber scheint man, wie Wilke[2]) betont, bei den parasitären Erkrankungen häufig vergessen zu haben, daß für den Parasiten auch die Pflanze selbst zu den Standortsfaktoren gehört. Die einzige Methode, die den Standort zunächst als Ganzes betrachtet und erst in der Folge die einzelnen Faktoren in ihrer Wirkung zu isolieren sucht, die tier- und pflanzengeographische Betrachtungsweise, ist erst neuerdings der Erforschung des günstigsten Standortes unserer Kulturpflanzen nutzbar gemacht worden. Diese Methode muß naturgemäß besonders großen Wert haben, ja, letzten Endes allein zum Ziel führen können, sobald es sich um parasitäre Erkrankungen handelt, da hier das Zusammenspiel der verschiedensten Faktoren noch weit verwickelter ist als bei den nicht parasitären. Aber auch für die Verhütung der letzteren sowie der abnormen Prädisposition bietet uns dies Verfahren wertvollste Anhaltspunkte. Nachdem uns die Pflanzengeographie zunächst floristisch die Gesamtverbreitung der einzelnen Arten aufgezeigt und späterhin durch die ökologische Forschungsrichtung klargelegt hat, welche jetzt herrschenden äußeren Einflüsse es einer Pflanzensippe ermöglichen, in ihrem heutigen Siedlungsgebiet zu bestehen, können wir unschwer in großen Zügen feststellen, ob eine Pflanzenart in einer bestimmten Gegend ihr ökologisches Optimum findet oder wie weit sie sich dort von diesem entfernt und ihrer unteren Daseinsschwelle nähert.[3]) Ist letzteres der Fall, so werden wir von dem Anbau absehen, um die Gefahr zunehmender Krankheitsanfälligkeit zu vermeiden. Sind nun außerdem auch für die Parasiten die entsprechenden Beobachtungen gesammelt, so gewinnen wir unter Umständen die weitere Möglichkeit, in Gebieten des ökologischen Optimums der letzteren den Anbau der von ihnen befallenen Kulturpflanzenarten zu vermeiden. Das hat freilich wahrscheinlich nur Gültigkeit, soweit es sich nicht um echte Seuchen handelt. Denn „eine echte Seuche wirkt um so vehementer, je mehr der Lebensraum des Erregers mit dem des Wirtes zusammenfällt".[4]) Als Beispiel nennt Merkenschlager *Phytophthora infestans*, über deren Verbreitung in Rußland im Zusammenhang mit

---

[1]) Pieper, Standortbewertung bei Kartoffeln. Deutsche landw. Presse **54**, 1927, 272.

[2]) Wilke, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **18**, 1931, 584.

[3]) Z. B. Engelbrecht, Th., Die Landbauzonen der außertropischen Länder. Berlin 1899.

[4]) Merkenschlager, F., Die Wasserbilanzkrisen der Kulturpflanzen und ihre phytopathologische Bedeutung. Angew. Botanik **12**, 1930, 446.

dem Umfang des Kartoffelbaus wir Roschdestwensky[1]) wertvolle kartographische Aufzeichnungen verdanken, die das Gesagte zu bestätigen scheinen.

Für den Waldbau bedeutet die Schaffung derartiger Unterlagen bereits einen großen Gewinn, da für ihn die Frage nach der Anbaueignung von Pflanzenarten als niedrigster Formeneinheit zunächst im Vordergrund steht. Klar herausgearbeitet und zur praktischen Nutzanwendung in der gekennzeichneten Richtung empfohlen sind sie für deutsche Verhältnisse vor allem von Rubner[2]) und von Dengler[3]), nachdem Mayr[4]) die Bedeutung der pflanzengeographischen Forschung für die Weiterentwicklung des Waldbaus erkannt und betont hatte. Rubner[5]) kommt zu dem Schluß, daß alle Holzarten auch heute noch dort reine Bestände bilden können, wo optimale Bedingungen für sie herrschen. Letztere sind auch der sicherste Schutz gegen parasitäre Erkrankungen. Ihre Untersuchung auf pflanzen- und tiergeographischer Grundlage ist erst in neuester Zeit durch Wilke[6]) in Angriff genommen worden.

Er hat die Fichte in ihrem Verhalten gegenüber drei verschiedenen Insekten beobachtet, von denen zwei, *Lymantria monacha L.* und *Ips typographus L.* außerhalb, eines, *Hylurgops glabratus Zett.*, innerhalb der Fichte ihr Optimum finden. Schädlich werden nur die beiden ersten. Ihre Schädigungen für die mitteleuropäischen Fichtenwaldungen sind aber lediglich die Folge übermäßigen reinen Fichtenbaues außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes der Fichte. Erst dadurch werden die Häufigkeit und der katastrophale Umfang von Primärschädigungen durch atmosphärische Einwirkungen, durch die Nonne u. a. ermöglicht, die zu entsprechend großen Sekundärschäden durch Borkenkäfer führen.

Dementsprechend ist die sicherste Schutzmaßnahme die Beschränkung des Fichtenanbaus auf die eigentliche Nadelwaldzone, die frei von Nonnenschäden ist. Rubner[7]) weist, ohne freilich sich auf so sichere Unterlagen wie die von Wilke geschaffenen stützen zu können, auf eine Reihe weiterer Beispiele parasitärer Erkrankungen hin, denen man durch Beschränkung des Anbaus der einzelnen Holzarten auf ihr natürliches Verbreitungsgebiet begegnen kann. Die neueren Erkenntnisse in der Forstwissenschaft zeigen allerdings mit wachsender Deutlichkeit, daß die ökologische Pflanzengeographie es nicht bei den Pflanzenarten bewenden lassen darf, wenn sie weiterhin brauchbare Unterlagen für die Hygiene des Waldbaus schaffen will, daß sie vielmehr ihre Beobachtungen auf das Verbreitungsgebiet von Varietäten und Rassen ausdehnen muß. Turesson[8]) hat an Hand von zahlreichen Beispielen nachgewiesen, daß das Verständnis

---

[1]) Klemm, Kartoffelkrankheiten und Ernten in Rußland. Kartoffel **11**, 1931, 215—217.

[2]) Rubner, K., Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus. 3. Aufl. Neudamm 1934.

[3]) Dengler, A., Waldbau auf ökologischer Grundlage. Berlin 1930.

[4]) Mayr, H., Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. Berlin 1930.

[5]) Rubner, K., Die Bedeutung der forstlichen Pflanzengeographie für den praktischen Waldbau. Allg. Forst- und Jagdztg. **100**, 1924, 142.

[6]) Wilke, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **18**, 1931, 583—675.

[7]) Rubner, K., Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. 3. Aufl. Neudamm 1934, S. 328ff.

[8]) Turesson, G., Die Bedeutung der Rassenökologie für die Systematik und Geographie der Pflanzen. Fedde's Repertorium specierum novarum regni vegetabilis. Beihefte **41**, 1926, 15—37.

von Ökologie und geographischer Verbreitung einer Art vor allem ein Studium der verschiedenen Ökotypen der Art voraussetzt. Unter Ökotypen werden dabei diejenigen Biotypengruppen verstanden, die sich infolge der von den Standortsfaktoren ausgeübten Selektionswirkung aus der heterogenen Artpopulation herausdifferenziert haben. Daß solche Ökotypen auch innerhalb der Arten unserer Waldbäume eine ausschlaggebende Rolle spielen, kann heute keinem Zweifel mehr unterliegen. Zusammenfassend hat erstmalig Cieslar[1]) auf die Bedeutung klimatischer Varietäten unserer Holzarten für den Waldbau hingewiesen. In neuester Zeit ist der Begriff der physiologischen Varietät durch den der Standortsrassse ersetzt worden, wie Münch[2]) ihn umschreibt. Er versteht darunter die Zusammenfassung der physiologischen Einheiten innerhalb der Art. Wenn Dengler[3]) festgestellt hat, daß vielfach genau mit der ursprünglichen Verbreitungsgrenze das gute Gedeihen der Kiefer scharf abschneidet, so darf das nach Münch[4]) nicht damit erklärt werden, „daß außerhalb dieses Gebietes das Klima für ‚die' Kiefer nicht geeignet sei. Es ist nur für gewisse Rassen nicht geeignet." Und wenn Rubner[5]) dem künstlichen Lärchenanbau nur dann einen Erfolg verspricht, wenn man den Ansprüchen Rechnung trägt, wie sie aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet bekannt sind, so betont Münch[6]), daß auch das „Lärchenrätsel" nur als Rassenfrage zu lösen ist. Für den Waldbau sind aus diesen Erkenntnissen wichtige Schlußfolgerungen abgeleitet worden, die ihren Ausdruck in der Forderung nach sorgfältigster Berücksichtigung der Provenienz des Saatgutes gefunden haben und auf die noch an anderer Stelle kurz einzugehen sein wird.

Für den landwirtschaftlichen Pflanzenbau reichen tier- bzw. pflanzengeographische Untersuchungen, die sich nur auf die Arten erstrecken, noch weniger als für den Waldbau aus, weil hier die Frage, welche Art wir anbauen sollen, meist vollkommen zurücktritt hinter der Frage, welche Rasse oder Sorte wir wählen. In den Grenzgebieten oder bei dem Versuch der Einführung einer Art in ein Gebiet, in dem sie bisher noch nicht gebaut wird, ist freilich auch erstere Frage von Wichtigkeit. Es braucht nur an die Begrenzung des Anbaus unserer Getreidearten nach Norden und Osten durch die Winterkälte und an die Bemühungen um den Anbau der Sojabohne in Deutschland erinnert zu werden.

Es ist das Verdienst Werneck-Willingrains[7]), nachdrücklichst für die Übertragung der pflanzengeographischen Forschungsmethode auf den landwirt-

---

[1]) Cieslar, A., Die Bedeutung klimatischer Varietäten unserer Holzarten für den Waldbau. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen **33**, 1907, 1ff.

[2]) Münch, E., Über Standortsrassen der Waldbäume. Beih. Bot. Zentralbl. **49**, 1932, 292—308.

[3]) Dengler, A., Die Horizontalverbreitung der Kiefer (*Pinus silvestris L.*). Neudamm 1904.

[4]) Münch, E., Beiträge zur Kenntnis der Kiefernrassen Deutschlands. Allg. Forst- u. Jagdztg. **100**, 1924, 540ff.

[5]) Rubner, K., Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. 2. Aufl. Neudamm 1925, S. 230.

[6]) Münch, E., Das Lärchenrätsel als Rassenfrage. Tharandter Forstl. Jahrb. **84**, 1933, 438—531.

[7]) Werneck-Willingrain, H. L., Der Pflanzenbau in Niederösterreich auf naturgesetzlicher Grundlage. Leipzig 1924.

schaftlichen Pflanzenbau eingetreten zu sein und die Grundlagen einer landwirtschaftlichen Pflanzengeographie umrissen zu haben.

Er geht davon aus, daß die Vegetationsregionen der wilden Pflanzen durch die Verbreitung bestimmter Arten gleichzeitig auch gleich gestimmte Daseinsbedingungen für die entsprechenden Sorten der Kulturpflanzen aufdecken. Die Vertreter der wilden Pflanzen in einer bestimmten Gegend spielen somit für die landwirtschaftliche Pflanzengeographie die Rolle von Leitpflanzen. Ihr Vorkommen läßt auf eine Reihe von Eigenschaften und Merkmalen schließen, welche unbedingt auch bei den Kulturpflanzen vorhanden sein müssen, wenn sie die Forderung nach höchster Leistung wirklich und auf die Dauer erfüllen sollen. Durch entsprechenden Vergleich lassen sich aus der gleichartigen Besiedlungskraft der wilden und der kultivierten Pflanzen natürliche Siedlungsgebiete, Pflanzenbaugebiete, abgrenzen. Werneck hat solche zunächst für den Getreidebau Nieder-Österreichs aufgestellt[1]) und die für die einzelnen Gebiete erforderlichen Sortentypen charakterisiert. Die Abgrenzung derartiger Gebiete ist einerseits auf andere Länder, andererseits auf andere Kulturpflanzen auszudehnen.

Die pflanzengeographische Kennzeichnung der einzelnen Sorten gibt dann die Gebiete an, die ihrem ökologischen Optimum mehr oder weniger entsprechen, und durch den Anbau dort ist die beste Gewähr für die Vermeidung ihrer abnormen Prädisposition gegeben. Ein lehrreiches Beispiel für die Richtigkeit dieser Gedankengänge scheint das Auftreten der Abbauerscheinungen der Kartoffel in Rußland zu bieten. Roschdestwensky[2]) hat an Hand aufschlußreichen Kartenmaterials gezeigt, daß mit zunehmender Entfernung von den günstigsten Kartoffelgebieten die Abbaukrankheiten zunehmen, so daß wir also durch Beschränkung des Anbaus auf optimale Lagen ihnen am besten entgegenarbeiten.

Die Auffassung Wernecks vermittelt uns weiter das Verständnis für den namentlich in der Forstwissenschaft schon lange erörterten Begriff des Herkunftwertes. Sorten, die aus ihrem bisherigen ökologischen Optimum in eine neue pflanzengeographische Umwelt versetzt werden, müssen dort naturgemäß ganz verschieden reagieren, je nachdem ob die neuen Umweltbedingungen mit den alten übereinstimmen oder wesentlich von ihnen abweichen und sich mehr oder weniger von dem ökologischen Optimum entfernen. Die Klarlegung dieser wechselseitigen Beziehungen begegnet im einzelnen großen Schwierigkeiten. Ihre überragende Wichtigkeit für die Erzielung gesunder und leistungsfähiger Pflanzenbestände findet aber in steigendem Maße Anerkennung.

Namentlich für den Kartoffelbau wird der Herkunft eine ausschlaggebende Bedeutung beigemessen. Hier ist die pflanzengeographische Betrachtung erstmalig von Merkenschlager[3]) angewandt worden, nachdem Ziegler[4]) in seiner Theorie von der „Korrespondenz der Lagen" die Zusammenhänge zwischen Ausgangs- und Nachbauort dargelegt hatte. Für den Getreidebau sind in neuester Zeit entsprechende Beziehungen durch die umfangreichen Untersuchungen von Scheibe[5]) am Hafer aufgedeckt worden. Diese geben ein klares Bild von den „biologischen Folgen, die sich aus der Verwendung einer bestimmten Saatgutkon-

---

[1]) Werneck-Willingrain, H. L., Der Getreidebau auf pflanzengeographischer Grundlage. Pflanzenbau **1**, 1925/6, 394ff.

[2]) Klemm, Kartoffelkrankheiten und Ernten in Rußland. Kartoffel **11**, 1931, 215—217.

[3]) Merkenschlager, F., Zur Biologie der Kartoffel. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- und Forstw. **17**, 1929, 224ff.

[4]) Ziegler, O., Beiträge zum Abbauproblem der Kartoffel. München 1927.

[5]) Scheibe, A., Die Schoß- und Reifeperiode des Hafers in ihrer Abhängigkeit von der physiologischen Konstitution des Saatgutes. Angew. Botanik **16**, 1934, 118. (Literatur!)

stitution bei einem Hafergenotypus für einen bestimmten Anbau- bzw. Nachbauort ergeben". Seit langem bekannt ist die Bedeutung der Herkunft bei Klee- und Luzernesaatgut, deren Berücksichtigung in der landwirtschaftlichen Praxis eine Selbstverständlichkeit sein sollte.[1]) Am frühesten aber dürfte die Bedeutung des Herkunftwertes im Waldbau erkannt sein. Schon 1890 hat Cieslar[2]) gefordert, „die Zuchtwahl sollte in erster Linie dahin wirken, daß für jede Holzart und für jedes Wuchsgebiet ein im richtigen Standort geerntetes Saatgut verwendet werde, um Bäume zu ziehen, welche durch Vererbung seit vielen Generationen für die konkreten Standorte in jeder Hinsicht wirtschaftlich die geeignetsten sind." Seitdem ist in der forstwissenschaftlichen Literatur immer wieder auf die Verwendung von Samen geeigneter Provenienz hingewiesen worden. Engler[3]) meint 1913: „Wenn wir, soweit möglich, unsere Wälder natürlich verjüngen und unablässig eine intensive Bestandspflege üben, und wenn wir, wo die Bestandesgründung künstlich erfolgen muß, Samen von geeigneter Provenienz verwenden, so haben wir in bezug auf die forstliche Zuchtwahl alles getan, was in unserer Macht steht." Und Rubner[4]) legt auch deshalb auf die geographische Behandlung des Waldbaus größten Wert, weil die Provenienz des Samens in der Forstwirtschaft von grundlegender Bedeutung ist.

Ist also die pflanzengeographische Betrachtungsweise bei entsprechender Verfeinerung in hervorragendem Maße geeignet, wertvolle Gesichtspunkte für die Verhütung von nichtparasitären Erkrankungen und abnormer Prädisposition unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zu bieten, so gilt das in gleicher Weise für die parasitären Erkrankungen. Auch hier stecken wir freilich noch in den ersten Anfängen.

Werneck-Willingrain[5]) hat die tatsächliche Verbreitung und die Verbreitungsmöglichkeit von *Cuscuta racemosa var. suaveolens* pflanzengeographisch untersucht. Es ist ihm gelungen, Gegenden mit optimalen Entwicklungsbedingungen für diesen Schädling ausfindig zu machen, in denen der Anbau von Luzerne und Klee namentlich zur Saatguterzeugung am besten zu unterlassen ist. Bei den Untersuchungen von Schnauer[6]) ist eine spezialisierte Form der tiergeographischen Forschungsmethode zur Anwendung gelangt, die Wilke[7]) mit Escherich als historisch-statistisch-klimatologische bezeichnet. Schnauer hat für eine Anzahl von Schädlingen festzustellen gesucht, ob sie gewisse Gegenden innerhalb Deutschlands bevorzugen; diese Gebiete hat er nach Möglichkeit kartographisch festgelegt und daraus Schlüsse auf die für das Auftreten maßgebenden Standortsfaktoren zu ziehen gesucht.

Hier wird also bewußt eine Auflösung des Standortbegriffes in seine einzelnen Komponenten angestrebt, während die geographische Forschungsmethode ihn als Ganzes betrachtet, gleichzeitig damit freilich die Grundlagen für spätere Einzeluntersuchungen schafft.

---

[1]) Wittmack, L., Landwirtschaftliche Samenkunde. Berlin 1922.

[2]) Cieslar, A., Die Zuchtwahl in der Forstwirtschaft. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen **16**, 1890, 451.

[3]) Engler, A., Der heutige Stand der forstlichen Samenprovenienzfrage. Naturw. Ztschr. f. Forst- und Landwirtschaft **11**, 1913, 441ff.

[4]) Rubner, K., Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. 3. Aufl. Neudamm 1934, S. 288.

[5]) Werneck-Willingrain, H. L., Die Grobseide und ihr natürliches Verbreitungsgebiet in Europa. Wiener landw. Ztg. **73**, 1923, 93—94.

[6]) Schnauer, W., Untersuchungen über Schadgebiet und Umweltfaktoren einiger landwirtschaftlicher Schädlinge in Deutschland auf Grund statistischer Unterlagen. Ztschr. f. angew. Entomologie **15**, 1929, 565—627.

[7]) Wilke, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- und Forstw. **18**, 1931, 585.

## 2. Berücksichtigung einzelner Standortsfaktoren

Das führt zu der Frage, ob und wie weit es möglich ist, durch hygienisch bestimmte Berücksichtigung nicht nur des Standortes als Ganzem, sondern auch einzelner Standortsfaktoren dem Auftreten von Pflanzenkrankheiten vorzubeugen. Bevor sie erörtert wird, erscheint es wesentlich, nochmals zu betonen, daß die reinliche Scheidung der einzelnen Faktoren in vielen Fällen großen Schwierigkeiten begegnet, eben weil sie in zu enger Wechselwirkung miteinander stehen. Andererseits wird es aber doch häufig möglich sein, wenigstens festzustellen, welchem von ihnen die größere Bedeutung beizumessen ist, welchem deshalb beim Anbau in erster Linie Beachtung zu schenken ist.

Im allgemeinen faßt man die Standortsfaktoren entsprechend der früher für den Standort gegebenen Definition in drei Gruppen als klimatische, edaphische und biotische Faktoren zusammen. Von einer Besprechung der letzten Gruppe kann an dieser Stelle abgesehen werden, da die hierhin gehörigen Fragen bei der hier getroffenen Anordnung in späteren Abschnitten ausführlich behandelt werden. Dagegen scheint eine gesonderte Betrachtung derjenigen Möglichkeiten zur Krankheitsverhütung angezeigt, die durch Berücksichtigung örtlich eng begrenzter Veränderungen von Klima und Boden gegeben sind.

### α) Klima

Dem Klima ist insofern eine Sonderstellung einzuräumen, als es eine Beeinflussung durch den Menschen fast völlig ausschließt und wir infolgedessen gezwungen sind, uns beim Anbau der Kulturpflanzen durch entsprechende Arten- und Sortenwahl den jeweiligen Klimabedingungen nach Möglichkeit anzupassen. Das wird in besonderem Maße naturgemäß immer dann erforderlich sein, wenn eine normale Konstitution der Pflanze in erster Linie von dem Klima abhängt, wie es z. B. nach Merkenschlager[1]) für die Kartoffel zutrifft.

Für die Verbreitung der Pflanzkartoffelgebiete ist das Klima ausschlaggebend. Mäßig kühle Regionen mit hoher Luftfeuchtigkeit sind Voraussetzung für gesunde Bestände von hohem Pflanzgutwert. Nur bei ungünstigen klimatischen Bedingungen macht sich die geologische Formation bestimmend bemerkbar, die sonst leicht durch das Klima überdeckt wird. Auf die vermutliche Bedeutung dieser Zusammenhänge für die Verhütung des Abbaus ist schon oben hingewiesen worden.

Charakteristische Beispiele des klimabedingten Anbaus bieten auch die Getreidearten.

Unter ihnen hebt sich der Hafer durch seine hohen Ansprüche an den Wassergehalt des Bodens und der Luft heraus. Je kontinentaler das Klima wird, desto mehr muß er durch die Gerste abgelöst werden. Roemer[2]) bezeichnet für Deutschland den Austausch von Hafer gegen Gerste aus klimatischen Gründen als geradezu dringend nötig überall dort, wo die Niederschläge für Hafer nicht ausreichen. Durch eine dementsprechende Beschränkung des Haferanbaus wird man auch am sichersten der ökologisch bedingten Weißährigkeit, vielleicht

[1]) Merkenschlager, F., Geographie und Ökologie der Kartoffel. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- und Forstw. **17**, 1930, 225—252.

[2]) Römer, Th., Umstellung des deutschen Getreidebaus. Berichte über Landwirtsch. Sonderheft **27**, 1930, 20.

auch der Dörrfleckenkrankheit begegnen.[1]) Zwischen Weizen und Roggen bestehen ähnliche Gegensätze, nur daß sie in diesem Fall in erster Linie die Temperaturansprüche betreffen. Ersterer ist entschieden wärmebedürftiger als letzterer, der in den höheren Lagen Deutschlands nicht durch Weizen ersetzt werden kann, weil tiefe Temperaturen und Schneemengen es nicht gestatten.[2]) Im übrigen ist aber die natürlich bedingte Verteilung des Roggenbaus in Deutschland durch den Boden und nicht durch das Klima bestimmt.

Eine entscheidende Rolle spielt das Klima namentlich bei der natürlichen Verbreitung unserer wichtigsten Holzarten; hier wird besonders deutlich, mit welchen Gefahren der künstliche Anbau außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes verbunden ist, der in der Mehrzahl der Fälle zum Mißerfolg führt.

Busse[3]) vermutet, daß das natürliche Verbreitungsgebiet der Tanne von ihrem hohen Feuchtigkeitsbedürfnis und der Spätfrostempfindlichkeit bestimmt wird. Durch das „unheimliche Gespenst" des Tannensterbens ist sie heute, wie Wiedemann[4]) sagt, zu der unzuverlässigsten von unseren sämtlichen deutschen Holzarten geworden. Er nimmt an, daß die Krankheit eine Epidemie der Tannenrindenwollaus ist, die von Mitteldeutschland aus in den letzten Jahrzehnten sich über fast das ganze Verbreitungsgebiet der Tanne ausgedehnt hat. Im Gegensatz zu ihm vertritt Graser[5]) den Standpunkt, daß es unter allseitig optimalen Standorts-, Bestands- und Wirtschaftsverhältnissen auch heute noch kein Tannensterben gibt. „Das Tannensterben hat an den Grenzen des horizontalen und vertikalen Verbreitungsgebietes in Dürrezeiten eingesetzt, weil sich fehlerhafte Wirtschaftsformen naturgemäß um so stärker auswirken und das Tannensterben um so mehr besorgniserregend gestalten mußten, je weiter die örtlichen Standorts- und Bestandsverhältnisse von optimaler Gestaltung entfernt waren. Es kommt darauf an, naturgemäße Lebensbedingungen für die Tanne wiederherzustellen." Der Tanne steht im ökologischen Verhalten die Fichte vielfach nahe; zum Teil fallen die Verbreitungsgebietsgrenzen zusammen. Dem Anbau der Fichte in Mitteleuropa setzen ungenügende Wasserversorgung in der Vegetationszeit und zu milde Winter, d. h. zu lang ausgedehnte Vegetationszeit eine Grenze.[6]) Ihre künstliche Einführung in die winterwarmen Gebiete hat immer versagt. Als bezeichnendes Beispiel führt Rubner[6]) den Bienwald in der Pfalz an, wo die Fichte vermutlich infolge Verlängerung der Vegetationsperiode so stark unter *Nematus abietinus* leidet, daß von dem weiteren Anbau abgesehen werden muß. In ähnlicher Weise macht Oppermann[7]) das mittelfeuchte Küstenklima in Dänemark für den starken Befall der dort nicht einheimischen Fichten durch Rotfäule und andere Pilzkrankheiten verantwortlich. Nehmen wir die früher besprochene Gefährdung des Fichtenanbaus durch *Lymantria monacha* und *Ips typographus* hinzu, so erscheint die Frage Rubners[8]) verständlich, ob es noch nicht genug der Schäden und Gefahren sei, denen die Fichte außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes unterliege und ob man

---

[1]) Merkenschlager, F. und Klinkowski, M., Sind Weißährigkeit und Dörrfleckenkrankheit als verschiedene Krankheitsformen einer gleichen physiologischen Störungsgruppe aufzufassen? Nachrichtenbl. f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst **8**, 1928, 104—105. — Körting, A., Beitrag zur Kenntnis der Lebensgewohnheiten und der phytopathologischen Bedeutung einiger an Getreide lebenden Thysanopteren. Ztschr. f. angew. Entomologie **16**, 1930, 505—507.

[2]) Römer, Th., Umstellung des deutschen Getreidebaus. Berichte über Landwirtsch. Sonderheft **27**, 1930, 20.

[3]) Busse, I., Forstlexikon Bd. II. Berlin 1929, S. 306.

[4]) Wiedemann, E., Untersuchungen über das Tannensterben. Forstwiss. Zentralbl. **49**, 1927, 852.

[5]) Graser, Zur Frage des Tannensterbens. Forstwiss. Zentralbl. **53**, 1931, 133.

[6]) Rubner, K., Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus. 3. Aufl. Neudamm 1934, S. 337—338.

[7]) Oppermann, A., La santé de l'épicéa en Danemark. Nach Fußnote 6, 33.

[8]) Rubner, K., Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. 2. Aufl. Neudamm 1925, 217.

nicht endlich Ernst machen wolle und den Fichtenanbau dort einstellen. Erwähnt sei schließlich noch wegen des auffallenden Gegensatzes zu dem Verbreitungsgebiet der Fichte dasjenige der Buche. „In der Ebene schließen sich beide Arten aus, die Buche geht nur eben bis dahin, wo die Fichte anfängt. In den Gebirgen überschneiden sich zwar die Zonen, sind in der Hauptsache aber auch hier getrennt (Buche unten, Fichte oben).“[1]) Sie ist eine mehr ozeanische Holzart, die ausgesprochen an das atlantische Klima angepaßt ist und in der Ausbreitung nach Osten durch die Spätfrostgefahr ihre Begrenzung findet.

Unter den Gemüsearten sind alle Blattgemüse durch hohe Ansprüche an Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet.[2]) Bei den Obstarten dagegen ist wieder in erster Linie die Temperatur entscheidend. Das zeigen besonders deutlich die gegensätzlichen Anforderungen des Weins und des Apfels. Wir können geradezu von einem Wein- und von einem Apfelklima sprechen. Für den gesamten Obstbau ist namentlich die Gefahr der Frühjahrsfröste von entscheidender Bedeutung.

Auch mit Rücksicht auf die Verhütung parasitärer Erkrankungen ist die Beachtung der hier kurz skizzierten Zusammenhänge von großer Bedeutung. Das wurde ja in einzelnen Fällen schon angedeutet, in denen die Prädisposition eine große Rolle spielt. Hingewiesen sei hier auch auf die Abnahme der *Nectria*-Krebsschäden von Norwegen, wo sie besonders groß sind, nach dem Süden zu, bis sie in wärmeren Lagen südlich der Alpen ganz verschwinden.[3]) Ganz allgemein gilt, daß feuchtes Klima das Auftreten von pilzlichen, trockenes dasjenige von tierischen Parasiten begünstigt.

Aereboe[4]) weist deshalb darauf hin, daß der Kampf mit den letzteren um so leichter wird, je ozeanischer das Klima wird und daß demzufolge dort auch diejenigen Kulturpflanzen bevorzugt werden, deren Erträge im Kontinentalklima durch tierische Schädlinge sehr herabgemindert werden, wie es z. B. in hohem Maße für Raps, Rübsen und Pferdebohnen zutrifft. Dem gliedert sich auch der Befund Schnauers[5]) über das Schadgebiet von *Jassus sexnotatus Fall.* ein.

Es liegt im großen östlichen Trockengebiet Deutschlands, dem sog. subsarmatischen Klimabezirk. Das dauernde Schadauftreten dieses Parasiten ist einzig und allein von trockenwarmem Klima in seiner unmittelbaren Einwirkung auf das Insekt abhängig.

Zwei sehr schöne Beispiele für klimatisch bedingte pilzparasitäre Schädlingsplagen sind neuerdings durch Rasmussen[6]) und Schwarz[7]) bekannt geworden.

*Puccinia glumarum hordei* scheint ein ausgesprochenes Verbreitungsgebiet längs der dänisch-deutschen Ostseeküste zu haben. Hier wird besonders die Wintergerste befallen, von welcher der Rost dann im Frühjahr auf die Sommergerstenbestände übergeht. Rasmussen setzt sich aus diesem Grunde für die Einschränkung des Wintergerstenbaus in diesen Gebieten ein. Schwarz hat als entscheidendes Moment für die Fruchtfäulen der Feige in Kleinasien die Disposition des Wirtes erkannt. Diese wird durch übermäßig hohe Luftfeuchtig-

---

[1]) Dengler, A., Waldbau auf ökologischer Grundlage. Berlin 1930, S. 73.

[2]) Becker, I., Der Feldgemüsebau. Handbuch d. Landw. III. Berlin 1930, S. 473.

[3]) Dieses Handbuch, Bd. II, 5. Aufl. Berlin 1928, S. 557.

[4]) Aereboe, F., Landwirtschaftliche Betriebslehre. 5. Aufl. Berlin 1920, S. 453.

[5]) Schnauer, W., Untersuchungen über Schadgebiet und Umweltfaktoren einiger landwirtschaftlicher Schädlinge in Deutschland auf Grund statistischer Unterlagen. Ztschr. f. angew. Entomologie **15**, 1929, 583.

[6]) Nach Appel, O. und Scheibe, A., Beobachtungen über die Verbreitung der einzelnen Getreiderostarten in Deutschland. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **46**, 1931, 61—63.

[7]) Schwarz, O., Beiträge zur Pathologie der Feige, *Ficus carica L. I.* Das Fruchtfäuleproblem in Kleinasien. Phytopath. Ztschr. **6**, 1933, 610, 617.

keit hervorgerufen. „Die Fruchtfäulen erweisen sich letzten Endes als Folgeerscheinungen von Störungen der Wasserbilanz der Feigenbäume, als Reaktion auf ein von der Feigenurheimat abweichendes Klima." Interessant ist nun, daß Schwarz festgestellt hat, daß der Feigenbau in den gefährdeten Gebieten an Flächenraum ständig einbüßt, wogegen im Osten des Landes zahlreiche Kulturen neu angelegt werden. „Bereits die private Initiative beschreitet also den Weg des Rückzugs in gegen übermäßige Luftfeuchtigkeit gesicherte Gebiete."

Ähnlich liegen die Dinge nach Schindler[1]) hinsichtlich des Weizens in Südamerika. Er leidet in der Nähe der Tropen zu stark unter Rost und kann deshalb erst in den trockneren, kühleren Gegenden gegenüber dem Mais überwiegen. Neuerdings hat Gaßner[2]) Feststellungen über Auftreten und Verbreitung der Getreiderostarten in Südamerika gemacht.

Er erwähnt dort u. a. starkes Auftreten von *Puccinia dispersa* auf Roggen in Südbrasilien, während 1910 noch völlige Rostfreiheit des Roggens für dieses Gebiet angegeben war. Damals ist Roggen von deutschen Kolonisten vor allem auch deshalb angebaut worden, weil er unter Rost nicht litt und daher eine ungleich sicherere Ernte gab als Weizen, bei dem man oft mehrere Jahre nacheinander mit einer völligen Mißernte rechnen mußte.

Ist den allgemeinen klimatischen Voraussetzungen wie sie z. B. für Deutschland namentlich von Werth[3]) übersichtlich dargestellt worden sind, durch Auswahl entsprechender Pflanzenarten Rechnung getragen worden, so handelt es sich weiterhin darum, den unterschiedlichen Bedingungen, die innerhalb des für eine Art geeigneten Klimabezirks auftreten, gerecht zu werden. Dazu ist die Möglichkeit gegeben durch das verschiedene physiologische Verhalten der Sorten der gleichen Art.

Im Obstbau spricht man geradezu von Klimasorten im Gegensatz zu Bodensorten. Letztere sind solche, deren Anbau in erster Linie durch Bodenansprüche bedingt wird, während sie vom Klima weitgehend unabhängig sind. Umgekehrt liegt es bei den Klimasorten. Als Beispiel für diese führt v. Arnoldi[4]) den „Schönen von Boskoop" an, für jene die „Wintergoldparmäne". Auch bei den Gemüsearten gibt es Sorten, die als reine Klimasorten bezeichnet werden müssen.[5]) Auf die Bedeutung der Klimarassen für den Waldbau ist bereits hingewiesen worden. Welche außerordentlich großen Vorteile die Ausnutzung der unterschiedlichen Temperaturansprüche der Getreidesorten gewährt, ist bekannt. Es braucht nur an den Siegeszug des Square-head Weizens in Europa von Westen nach Osten erinnert zu werden, um zu zeigen, wie weit durch richtige Sortenwahl Frostschäden begegnet und die Anbaufläche einer Art ausgedehnt werden kann. Ähnlich liegen die Dinge beim Wintergerstenbau. Auch in den Feuchtigkeitsansprüchen bestehen sortenweise große Unterschiede. Hierbei handelt es sich aber weniger um die Luftfeuchtigkeit als um die Bodenfeuchtigkeit. Denn die Wasseraufnahme erfolgt in erster Linie aus dem Boden.

Die enge Beziehung zwischen den beiden Standortsfaktoren Klima und Boden, deren Wechselwirkung für die Bildung der Bodenarten von entscheidender Bedeutung ist, tritt eben auch bei dem Wasserbedarf der Kulturpflanzen in die Erscheinung. Als besonders lehrreiches Beispiel hierfür sei das von Wiedemann[6]) eingehend untersuchte Fichtensterben in Sachsen angeführt:

---

[1]) Schindler, F., Handbuch des Getreidebaus. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 154.

[2]) Gassner, G., Neue Feststellungen über Auftreten und Verbreitung der Getreiderostarten in Südamerika. Phytopath. Ztschr. **4**, 1931, 196.

[3]) Werth, E., Klima- und Vegetationsgliederung in Deutschland. Mitt. Biolog. Reichsanst. f. Land- und Forstw. **33**, 1927.

[4]) Arnoldi, Th. v., Boden- und Klimasorten. Obst- und Gemüsebau **74**, 1928, 169.

[5]) Becker, I., Handbuch des Gemüsebaus. Berlin 1924, 3.

[6]) Wiedemann, E., Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. Tharandt 1923.

„Die Wuchsstockungen der Fichte in Sachsen beruhen auf einem engen Zusammenwirken schädlicher Einflüsse von Klima und Boden. Die Bodenveränderungen, die hauptsächlich durch die menschlichen Eingriffe der letzten Jahrhunderte verursacht sind, vor allem die Verringerung der physiologischen Tiefgründigkeit vieler Waldböden, sind dabei die bedingende Ursache; sie stören entscheidend die ursprüngliche Gleichmäßigkeit der Wasserwirtschaft im durchwurzelten Boden und zwingen die Fichte, ein abnorm oberflächliches, schlecht entwickeltes Wurzelsystem auszubilden. Die klimatischen Einflüsse, von denen die Sommerdürren an erster Stelle stehen, können auf die so disponierte Fichte viel schärfer einwirken als unter ursprünglichen Verhältnissen; sie lösen unmittelbar die schweren sichtbaren Erkrankungserscheinungen (Wuchsstockungen, teilweises oder völliges Absterben der Pflanze) aus. Da die Bodenerkrankungen ständig fortschreiten, die Sommerdürren in ihrer Häufigkeit aber wellenförmig zu- und abnehmen, so treten auch die Krankheitserscheinungen periodisch an- und abschwellend, im Durchschnitt aber ständig verschärft auf." In Übereinstimmung mit dieser Auffassung empfiehlt Hitschhold[1]) auch gegen das Fichtensterben in Ostpreußen, die Fichtennachzucht auf solchen Standorten tunlichst einzuschränken, die nicht genügend tief oder dauernd entwässert werden können, sowie auf Böden, die bereits heute eine derartige Entartung aufweisen, daß eine nachhaltige Holzzucht hier ausgeschlossen erscheint.

#### β) Boden

Die zweite Gruppe von Standortsfaktoren, die edaphischen, kann auch unter dem Begriff Boden zusammengefaßt werden. Der Boden bietet wesentlich mehr Möglichkeiten, der Forderung nach hygienischer Standortsberücksichtigung zu entsprechen. Denn „während pflanzengeographisch betrachtet das Klima eine sehr große Rolle für den Charakter der Flora eines Gebietes spielt, sind die edaphischen Faktoren äußerst wichtig für die Entstehung und Begrenzung bestimmter Pflanzenvereine"[2]). Letztere wechseln also im allgemeinen viel schneller, d. h. innerhalb gleichartiger Klimabezirke zeigt der Boden mehr oder weniger ausgeprägte Unterschiede. Infolgedessen ist nicht nur eine Anpassung der Pflanze an den Boden durch Arten- und Sortenwahl möglich, sondern umgekehrt auch eine Anpassung des Bodens an die Pflanze durch Auswahl des für sie geeignetsten. Dazu kommt weiter, daß ungünstige Eigenschaften des Bodens durch eine Reihe von später zu besprechenden Maßnahmen beseitigt oder doch zum mindesten nicht unerheblich gemildert werden können.

Über die Eignung eines Bodens für bestimmte Pflanzenarten lassen sich wertvolle Anhaltspunkte aus den Bodenbonitierungssystemen gewinnen, wie sie in der landwirtschaftlichen Betriebslehre ausgearbeitet worden sind.

Die Einteilung wird in erster Linie nach den Hauptgetreidearten vorgenommen; es werden aber auch andere Pflanzenarten sowie die Futterwüchsigkeit zur Beurteilung herangezogen. So spricht man von geborenen Zuckerrüben-, von geborenen Kartoffelböden usw. Neuerdings wendet man in steigendem Maße der Bodenbeurteilung auf Grund des natürlichen Pflanzenbestandes seine Aufmerksamkeit zu[3]), wobei Petersen[4]) das Hauptgewicht auf die Beziehungen des Pflanzenvorkommens zu den Feuchtigkeitsverhältnissen legt.

---

[1]) Hitschhold, Das Fichtensterben in Ostpreußen. D. deutsche Forstwirt **16**, 1934, 855.

[2]) Warming, E. und Gräbner, P., Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 4. Aufl. Berlin 1933, S. 6.

[3]) Mevius, W., Die Bestimmung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens auf Grund des natürlichen Pflanzenbestandes. In Handbuch der Bodenlehre Bd. 7. Berlin 1930. S. 49—106.

[4]) Petersen, A., Taxation von Ackerländereien auf Grund des natürlichen Pflanzenbestandes von Ackerland und Ackerrand. Berlin 1930.

Feuchtigkeit und Nährstoffgehalt des Bodens sind in erster Linie für das Gedeihen der Pflanzen entscheidend. Je einseitiger und höher die Ansprüche einer Pflanzenart sind, um so wichtiger ist die Auswahl eines geeigneten Bodens und um so zwingender der Ausschluß der betreffenden Pflanzenart, wenn ihren Bodenansprüchen nicht entsprochen werden kann.

Innerhalb der für eine Pflanzenart mehr oder weniger charakteristischen Bodenansprüche zeigen nun wieder die Sorten große Unterschiede, deren Berücksichtigung uns in den Stand setzt, eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den gegebenen Bodenverhältnissen einerseits und den Bodenansprüchen der Pflanze andererseits zu erzielen. Dazu ist naturgemäß eine genaue Kenntnis der letzteren für jede Sorte erforderlich. Angaben hierüber finden sich in den Sortenbeschreibungen der Züchter sowie in den Sortenverzeichnissen, wie sie von den verschiedensten Stellen bearbeitet worden sind. Meist erfahren dabei die Feuchtigkeitsverhältnisse entsprechend ihrer hervorragenden Bedeutung neben der allgemeinen Bodenbeschaffenheit besondere Beachtung. Berkner[1]) legt sie beispielsweise seiner Einteilung der Sorten der verschiedenen Getreidearten zugrunde.

Er unterscheidet zwischen *Hygro-*, *Hygromeso-*, *Meso-*, *Mesoxero-* und *Xerophyten*. In wie enger Verbindung aber die verschiedenen edaphischen Faktoren mit den klimatischen stehen, zeigt gerade diese Einteilung. Nährstoffbedarf, Wasser- und Wärmeansprüche lassen fast stets mehr oder minder deutliche Beziehungen zueinander erkennen. Berkner spricht demgemäß auch von der größeren oder geringeren ökologischen Streubreite. Am größten ist sie bei den Mesophyten, diese besitzen die größte Anpassungsfähigkeit; nach beiden Seiten nimmt sie ab. Je geringer sie ist, um so wichtiger ist die Erfüllung der von der Sorte gestellten Ansprüche. Um eine ähnliche Gruppierung der Kartoffelsorten hat sich namentlich Oberstein[2]) bemüht, während in neuester Zeit Berkner und Schlimm[3]) auch bei diesen die Wasseransprüche näher untersucht haben.

Daß ein für die Pflanze geeigneter Boden zu den wichtigsten Voraussetzungen für ihre gesunde Entwicklung gehört, kann nach dem früher Gesagten keinem Zweifel unterliegen. Einige Beispiele mögen das erläutern, was um so mehr genügt, als die spätere Besprechung der Bodenverbesserungsmaßnahmen Gelegenheit geben wird, auf diese Zusammenhänge noch ausführlicher einzugehen.

Es sei zunächst an die extremsten Fälle erinnert, in denen der erfolgreiche Anbau bestimmter Pflanzenarten unmöglich wird, wenn nicht besondere Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Man spricht von „Bodenerkrankungen" und versteht darunter gewisse physikalische und chemische Umsetzungen der Böden, die sie für die Vegetation ungeeignet machen.[4])

Hierzu gehört z. B. die Ortsteinbildung, die sich namentlich in der Forstwirtschaft und im Gartenbau schädigend geltend macht. Eine zweite Gruppe bilden die „Bodenkrankheiten" im engeren Sinne, deren Hudig und Meyr[5]) bisher drei unterscheiden, die Moorkoloniale

[1]) Berkner, F., Der Getreidebau. Handbuch d. Landwirtschaft Bd. 3, S. 1—108. Berlin 1930.

[2]) Oberstein, Über die ökologische Anpassung unserer Kartoffelsorten. Kartoffelbau **9**, 1925, 133—137.

[3]) Berkner, F. und Schlimm, W., Untersuchungen über den Wasserverbrauch der verschiedenen Kartoffelsorten. Archiv f. Pflanzenbau **7**, 1931, 569—585.

[4]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 123.

[5]) Hudig, J. und Meyr, C., Über die sogenannte „Urbarmachungskrankheit" als dritte Bodenkrankheit. Ztschr. f. Pflanzenernähr. und Düng. **A 8**, 1926, 15—52.

oder Dörrfleckenkrankheit, die Hooghalensche oder Sauerkrankheit und die Urbarmachungskrankheit.

In diesen Fällen ist es freilich geglückt, Bodenverbesserungsmaßnahmen ausfindig zu machen, welche die Behebung der schädlichen Bodeneigenschaften verhältnismäßig leicht machen und auf welche später noch einzugehen sein wird. Schwieriger ist dies wieder bei den verschiedenen Formen der Bodenmüdigkeit. Sie zwingt häufig dazu, den Anbau bestimmter Kulturpflanzenarten auf kürzere oder längere Zeit auszusetzen.

Das Wesen der Bodenmüdigkeit ist an anderer Stelle dieses Handbuchs (Bd. I, 2. Teil S. 160) erörtert worden. Es genügt deshalb, hier nur die für die Standortsberücksichtigung wesentlichsten Gesichtspunkte hervorzukehren.

Von einer „echten" Bodenmüdigkeit will v. Bronsart[1]) nur dann sprechen, wenn ein Boden, der eine bestimmte Pflanze mehrere Male hintereinander getragen hat, nun von eben dieser Pflanze keine Erträge mehr bringen will, obgleich ihm durch richtige Düngung und Behandlung die entnommenen Nährstoffe jeweils wieder ersetzt worden sind und obgleich sich in ihm keinerlei Verseuchung durch tierische oder pilzliche Schädlinge nachweisen läßt. Aus dieser Definition geht hervor, daß eine ursprünglich als „echte" Bodenmüdigkeit angesehene Erscheinung bei fortschreitender Erkenntnis ihrer Ursachen den Anspruch auf diese Benennung verlieren kann. Das zeigt sehr deutlich das Beispiel der „Rübenmüdigkeit". Als ihr charakteristisches Merkmal bezeichnet Kühn[2]) „Abnahme der Erträge früher rübensicherer Äcker ohne augenfällige Ursache". Dagegen werde man bei geringeren Erträgen etwa infolge Fraß von Schild- und Aaskäfer selbst dann nicht von Rübenmüdigkeit reden, wenn dies mehrere Jahre sich wiederholen sollte, da man ja über die Ursache der Ertragsabnahme nicht im Zweifel sein könne. Kühn ist dann auf Grund umfangreicher Untersuchungen zu dem Ergebnis gekommen, daß höchst wahrscheinlich überall da, wo man über Rübenmüdigkeit klagt, lediglich durch Parasiten, insbesondere durch Nematoden, die Abnahme der Rübenerträge hervorgerufen wird, dagegen kein einziger Fall wahrer Rübenmüdigkeit, veranlaßt durch Erschöpfung des Bodens, nachgewiesen werden konnte. Eine scharfe Begrenzung dieses Begriffes wird zweifellos nicht immer durchgeführt. So meint Fruwirth[3]) bei Besprechung der Kleemüdigkeit, sie scheine von der Erschöpfung des Ober- und Untergrundes an assimilierbaren Nährstoffen, namentlich Phosphor und Kali herzurühren; auf kräftigem Boden werde sie durch tierische oder pflanzliche Parasiten oder eine zu weitgehende Lockerung des Untergrundes verursacht.

Echte Bodenmüdigkeit, deren Ursachen trotz der verschiedensten Theorien noch immer ungeklärt sind, kennen wir namentlich bei Rotklee, Lein, Leindotter, Senf, Tabak und Erbsen. Sie steht vor allem „als drohendes Gespenst hinter allen Spezialkulturen", die einen fortgesetzten Anbau der gleichen Pflanzenart auf dem gleichen Boden unvermeidlich machen. Das gilt z. B. für den Weinbau, der durch die „Rebenmüdigkeit" gefährdet wird. In neuester Zeit ist es Zillig und Herrschler[4]) gelungen, sie in allen von ihnen untersuchten Fällen auf zu hohes Alter der Rebstöcke, unzureichenden Nährstoffgehalt oder ungünstige physikalische Eigenschaften des Bodens, zum Teil auf das Zusammenwirken dieser Voraussetzungen zurückzuführen. Auch die Erscheinung der „Obstbaummüdigkeit" ist allgemein bekannt. Vogel[5]) glaubt sich auf Grund sehr umfangreicher Untersuchungen in Weihenstephan zu

[1]) Bronsart, H. v., Bodenmüdigkeit und ihre Ursachenbekämpfung. Neudamm 1931, S. 63.

[2]) Kühn, J., Die Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung der Ursache der Rübenmüdigkeit und zur Erforschung der Natur der Nematoden. Ber. d. physiol. Labor. u. Versuchsanst. Landw. Inst. Halle. 3. Heft. Dresden 1881, 3.

[3]) Krafft-Fruwirth, Die Pflanzenbaulehre. 13. u. 14. Aufl. Berlin 1927, S. 227.

[4]) Zillig, H. und Herrschler, A., Bodenuntersuchungen zur Klärung von Wachstumsstörungen im Weinbaugebiet der Mosel, Saar und Ruwer. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- und Forstw. 18, 1931, 576.

[5]) Vogel, F., Untersuchungen über die Ernährung und die sogenannte Bodenmüdigkeit von Gehölzen. Mitt. Deutsche Dendrolog. Ges. 1929, 292.

der Annahme berechtigt, „daß die in den Schichten von 30—60 cm Tiefe entstehende Nährstofferschöpfung, die unter Umständen schon nach dem erstmaligen Anbau von Gehölzen auftritt, mindestens auf schwereren Böden Anlaß für eine Anzahl der Erscheinungen gibt, die als Bodenmüdigkeit angesprochen wird". Wenn Bodenmüdigkeit auch bei bester Düngung auf solchen Böden auftritt, so erklärt sich das aus der außerordentlich geringen Wanderungsgeschwindigkeit der kali- und phosphorsäurehaltigen Düngemittel, die in den langjährigen Versuchen von Wagner[1]) vollständig oder fast vollständig in der Krume adsorbiert worden sind. Neuerdings haben Vogel und Weber[2]) in einem Fall als Hauptursache der Müdigkeitserscheinungen in einer Obstbaumschule Verdichtung des Untergrundes mit mikrobiologischen Folgeerscheinungen feststellen können. Weiter sei hier namentlich auch auf den Niedergang des niederelbischen Obstbaues in den beiden letzten Jahrzehnten hingewiesen. Nach Beseitigung der parasitären Schädigungen zeigte sich, daß zum sehr großen Teil ungünstige Standortsverhältnisse die Ursache waren. Wartenberg[3]) kam zu dem Ergebnis, daß der sandarme, aber eisenreiche Tonboden, auf dem der größte Teil des Obstbaus betrieben wird, bei streng saurer Reaktion in günstiger Struktur und dann auch für das Baumwachstum günstig ist. Ein Entsäuern des Bodens, wie es durch das Steigen des Grundwassers möglich ist („blauer Jammer"), wirkt auf beides ungünstig. Auf dem sandigen Tonboden dagegen, dessen Variationsbereich um den Neutralwert variiert, ist eine Versäuerung für das Baumwachstum ungünstig, steigende Alkalität aber vorteilhaft.

Zur Vermeidung der „echten" Bodenmüdigkeit bleibt naturgemäß, da ihre Ursachen noch unbekannt sind, als einzige Möglichkeit vorerst, auf derartigen Böden den Anbau solcher Pflanzenarten, die Bodenmüdigkeit verraten haben, zeitweilig auszusetzen. Bei Besprechung der Fruchtfolge als hygienischer Maßnahme wird hierauf noch zurückzukommen sein. In allen anderen Fällen, in denen nur scheinbare Bodenmüdigkeit vorliegt, deren jeweilige Ursache klargestellt ist, kann auch Beseitigung dieser Ursache zum Ziel führen, vorausgesetzt daß eine solche möglich und rentabel ist. Daß diese Voraussetzung durchaus nicht immer zutrifft, mag ein Beispiel zeigen. Zillig und Herrschler[4]) weisen darauf hin, daß auf Böden mit über 80% Steingehalt, wie sie an der Untermosel vorkommen, nur nach Einbringen einer ungewöhnlich reichlichen Menge von Stallmist oder Kompost befriedigendes Wachstum zu erzielen sein wird. Da sich diese Maßnahme aber heute nicht bezahlt mache und andere Kulturpflanzen auf derartigen Böden nicht gedeihen, werde nichts anderes übrig bleiben, als dort den Weinbau auszusetzen, bis sich durch natürliche Verwitterung der Feinerdegehalt des Bodens erhöht habe.

In den bisher besprochenen Fällen schließt der Boden infolge bestimmter Eigenschaften den Anbau mancher Pflanzenarten wenigstens zeitweise aus oder rückt sogar an die Grenze der Anbauwürdigkeit überhaupt. Die sichere Erkennung und entsprechende Beachtung derartiger nicht allzuhäufiger Verhältnisse begegnet keinen großen Schwierigkeiten. Wesentlich wichtiger und zahlreicher sind die-

[1]) Wagner, F., Wissenschaftliche Obstbaum- und Beerenobstdüngungsversuche. Arb. Deutsche Landw. Ges. Heft 377. Berlin 1931.

[2]) Vogel, F. u. Weber, E., Beitrag zur Frage der Bodenmüdigkeit in der Obstbaumschule. Gartenbauwissenschaft 5, 1931, 508—524.

[3]) Wartenberg, H., Die Bodenverhältnisse der niederelbischen Marschen und ihre phytopathologische Bedeutung für den Obstbau. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- und Forstw. 17, 1930, 410.

[4]) Zillig, H. u. Herrschler, A., Bodenuntersuchungen zur Klärung von Wachstumsstörungen an Reben im Weinbaugebiet der Mosel, Saar und Ruwer. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. 18, 1931, 573.

jenigen Fälle, in denen der Boden die Kultur zwar zuläßt, aber doch nicht die Voraussetzungen für eine gesunde Entwicklung der Pflanzen erfüllt, sei es, daß er sich in einer allgemein ungünstigen Beschaffenheit befindet oder daß er den Ansprüchen einer bestimmten Pflanzenart oder -sorte nicht voll entspricht. Die Folge sind Störungen in der Entwicklung, die sich zur regelrechten Erkrankung durch ungünstige Bodenverhältnisse steigern können und die außerdem häufig erst die Prädisposition für parasitäre Krankheiten schaffen. Je besser es deshalb durch hygienische Standortsberücksichtigung gelingt, die Bedingungen des Bodens mit den Ansprüchen der auf ihm anzubauenden Pflanzen in Einklang zu bringen, um so sicherer wird Erkrankungen jeder Art von vornherein vorgebeugt werden. Zum Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung können hier nur einzelne besonders charakteristische Beispiele angeführt werden; im übrigen muß auf die ausführliche Besprechung jedes einzelnen Falles verwiesen werden, wie sie an anderer Stelle dieses Handbuches bei Behandlung der verschiedenen Krankheitsursachen gegeben worden ist.

Dem Abbau der Kartoffel, soweit er ökologisch bedingt ist, kann durch Wahl eines zweckentsprechenden Bodens entgegengearbeitet werden.

Dabei kann nicht eine bestimmte Bodenart als günstigste bezeichnet werden, wie auch die Anschauung, Anbau auf schwerem Boden mindere den Pflanzgutwert, heute nicht mehr aufrecht zu erhalten ist. Vielmehr hängt die Eignung des Bodens des Anbauortes weitgehend davon ab, wie derjenige des Herkunftsortes beschaffen gewesen ist. Ziegler[1]) hat in einem „Kartoffelfahrplan" diese Beziehungen in festere Form zu bringen gesucht.

Auf die Weißährigkeit der Gramineen, soweit sie durch unsichere und ungleichmäßige Wasserversorgung verursacht ist, wurde früher schon hingewiesen.

Schwarz und Tomaszewski[2]) kommen zu dem Ergebnis, ihre Bekämpfung heiße Standortswahl und Standortserhaltung. Dabei ist freilich in Übereinstimmung mit der früher gegebenen Definition unter Standort nicht nur der Boden zu verstehen, wenn diesem auch unter Umständen die ausschlaggebende Bedeutung beizumessen ist. So werden nach Schwarz[3]) Moorböden, die starke Neigung zum Puffigwerden zeigen, stets unter Weißährigkeit zu leiden haben. Aber in allen Fällen, in denen Erkrankungen der Pflanze auf Störungen in der Wasserversorgung beruhen, sind die Einflüsse von Klima und Boden nur schwer voneinander zu trennen.

Von den zahlreichen parasitären Krankheiten, deren Auftreten man von vornherein durch Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit begegnen kann, verdient in Deutschland besondere Beachtung die Ophiobolose des Weizens.

Während Schaffnit[4]) glaubt, daß *Ophiobolus graminis* seine Wirtspflanze in jeder Lebenslage angreift, vertritt Kleine[5]) den Standpunkt, daß immer eine gewisse Prädisposition der Pflanze vorliegen muß, um den Befall überhaupt zu ermöglichen. „Wo Weizen auf wirklich guten Weizenboden in guter Kultur gebracht wird, ist die Krankheit entweder überhaupt nicht vorhanden, oder sie tritt äußerst schwach auf, so daß sie dem Praktiker fast unerkannt

[1]) Ziegler, O., Systematische Auswertung der Herkunftsversuche bei Kartoffeln. Deutsche Landwirtsch. Presse **56**, 1929, 317.

[2]) Schwarz, O. und Tomaszewski, W., Zur Ökologie und Phytopathologie des Grassaatbaus. Angew. Botanik **12**, 1930, 423—442.

[3]) Schwarz, O., Zur Agrargeographie des kultivierten Moores. Ernährung d. Pflanze **27**, 1931, 128—135.

[4]) Schaffnit, E., Ertragseinbußen im Getreidebau durch Fußkrankheiten. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **45**, 1930, 247.

[5]) Kleine, R., Die Fußkrankheiten des Getreides. Pommernblatt **32**, 1929, 737—738.

bleibt." Diese Anschauung hat in den letzten Jahren namentlich durch die Untersuchungen von Moritz[1]) eine starke Stütze erfahren, der zu dem Ergebnis kommt, daß an der Hervorbringung der Schwarzbeinigkeit außer anderen Umwelt-, insbesondere Bodenfaktoren auch Pilze notwendig beteiligt sind. Jenen komme der Wert ermöglichender, diesen die Rolle verwirklichender Faktoren zu. „Schon die der Pflanze gemäße und normale Lebenslage des typischen Weizenbodens in gutem Kulturzustand verhindert die Infektion."[2]) Deshalb bezeichnet Mahner[3]) die Fußkrankheit geradezu als Indikator für die Weizenfähigkeit des Bodens. Demgemäß erscheint es Blunck[4]) nicht zweifelhaft, daß „die Ausdehnung und Intensivierung des Weizenbaus, soweit sie die Frucht auf unzuverlässige Grenzböden führt, sich auf die Ausbreitung der Seuche fördernd auswirkt". Eine Ausdehnung der Weizenanbaufläche ohne wesentliche Schädigungen durch Fußkrankheiten sei nur dort möglich, wo die fortschreitende Bodenkultur die Vorbedingungen für ein Gedeihen geschaffen habe, während sich die Schädigungen besonders unter solchen Verhältnissen auswirkten, die von jeher als ungeeignet für den Weizenanbau betrachtet wurden.[5])

Ganz ähnlich liegen die Dinge für den Rübenbau.

Holdefleiss[6]) weist darauf hin, daß die erforderliche Einschränkung des deutschen Zuckerrübenbaus dort zu erfolgen habe, wo nach den alten Anschauungen kein „geborener" Zuckerrübenboden sei. Man sei in der letzten Zeit vielfach über diese Grenze hinausgegangen und habe Zuckerrüben an Stellen angebaut, die man in der Blütezeit des deutschen Zuckerrübenbaus nicht als zulässig angesehen habe. Dabei habe sich immer mehr die Erfahrung ergeben, daß Insektenschäden an Zuckerrüben, die an weniger geeigneten Stellen oder bei unzureichender Düngung unter ungenügender Kultur ständen, bedeutend verhängnisvoller aufträten als dort, wo die Zuckerrüben unter geeigneten Vorbedingungen ständen.

Dieser Einfluß des Bodens kann sich nach zwei Richtungen auswirken, einmal in der Entwicklung der Pflanze, zum anderen in derjenigen des Parasiten. Auf ihr nicht zusagendem Boden wird die Pflanze leicht in ihrer Entwicklung gehemmt und kann schließlich in den Zustand abnormer Prädisposition geraten, in dem der Angriff von Parasiten dann besonders gefährlich wird. Wille[7]) berichtet, daß schwächliche und nicht normal entwickelte Pflanzen leichter und stärker an der Wanzenkräuselkrankheit erkrankten als völlig gesunde, und Holdefleiß[8]) beobachtete, daß Rüben, die einen kräftigen Stand zeigten, keine wirksame Schädigung ihres Wachstums erkennen ließen, obwohl ihre Blätter durch *Cassida nebulosa* stark durchlöchert waren. Andererseits wissen wir aber auch, daß die Entwicklung vieler Parasiten stark vom Boden abhängig ist. So hat Wille[7]) gefunden, daß bindige Bodenbeschaffenheit durch rein äußerliche mechanische Umstände die Weiterverbreitung von *Piesma quadrata Fieb.* hindert. Die physikalische Beschaffenheit des Erdbodens entscheidet über das Auftreten der Rübenblattwanze. Schwere Böden sind wanzenfrei, auf leichteren breitet sie sich aus. Wille glaubt daraufhin, mit großer Wahrscheinlichkeit sagen zu können, daß die Rübenblattwanze schwerlich in Schwarzerde- und Lößlandschaften als Großschädling eindringen wird, demnach die wichtigsten deutschen Rübenbaugebiete von der Wanze frei bleiben werden. Ähnlich

---

[1]) Moritz, O., Zum Problem der Fußkrankheit des Weizens. Angewandte Botanik **13**, 1931, 159.

[2]) Moritz, O., Weitere Studien über die Ophiobolose des Weizens. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Fortw. **20**, 1933, 46.

[3]) Mahner, A., Die Fußkrankheiten als Indikator für Weizenfähigkeit. Landw. Fachpresse f. d. Tschechoslowakei **9**, 1931, 183.

[4]) Blunck, H., Die Umstellung im Getreidebau und die Pflanzenkrankheiten. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **48**, 1933, 287.

[5]) Blunck, H., Vortrag im Ausschuß der Ackerbauabteilung und im Sonderausschuß für Pflanzenschutz der DLG. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **47**, 1932, 129.

[6]) Holdefleiß, P., Erhöhte Wirkung von Insektenschäden an Zuckerrüben bei Phosphorsäuremangel. Superphosphat **6**, 1930, 195.

[7]) Wille, J., Die Rübenblattwanze, *Piesma quadrata Fieb.* Berlin 1929, 90, 71.

[8]) Holdefleiß, P., Erhöhte Wirkung von Insektenschäden an Zuckerrüben bei Phosphorsäuremangel. Superphosphat **6**, 1930, 196.

liegen die Verhältnisse bei den Rübenaaskäfern, sie bevorzugen nach allgemeiner Auffassung leichtere Böden.[1]) Weber[2]) meint, das Übergreifen der Plage auf Gebiete, in denen der Käfer entweder unbekannt oder nur von geringem Schaden gewesen war, stehe vielleicht damit in Zusammenhang, daß mit der zunehmenden Intensivierung der deutschen Landwirtschaft der deutsche Rübenbau bei uns mehr und mehr auf leichte Böden ausgedehnt werde. Dadurch werde der Käfer mit seiner Lieblingsfutterpflanze in Gegenden gelockt, welche seinen Lebensverhältnissen besonders günstig seien, die aber der Zuckerrübe schon unter normalen Verhältnissen ein wenig gutes Fortkommen böten. Im Zusammenwirken setzten beide Faktoren der Ausdehnung des Zuckerrübenbaus auf geringen Böden eine natürliche Grenze. Auch zur Bekämpfung von *Pegomyia hyoscyami Pz.* sehen Blunck und Kaufmann[3]) in dem Anbau der Rüben nur auf wirklich rübenfähigem Boden eine wichtige Maßnahme.

In ähnlicher Weise scheint nach neueren Beobachtungen der Klee durch das Auftreten des Kleekrebses gefährdet zu sein, wenn er auf ihm nicht zusagendem Boden gebaut wird.

*Sclerotinia trifoliorum Eriks.* kommt in Deutschland überall vor. Es hat aber den Anschein, als ob der Klee dem Parasiten um so leichter erliegt, je weniger der Boden für ersteren geeignet ist.[4]) Becker[5]) bezeichnet starken Krebsbefall geradezu als eine Konstitutionskrankheit des Klees. In dem Maße, in dem dieser im Gedeihen gehemmt wird, werde der Kleekrebs in seiner Entwicklung gefördert.

Für den Waldbau hat neuerdings v. Hopffgarten[6]) die Abhängigkeit des Auftretens von *Trametes radiciperda* auf Kiefer und Fichte von der Bodenart nachgewiesen.

Seiner Überzeugung nach sind die Bestände auf Löß, Lößlehm und allen Böden, die in stärkerem Maße durch ursprüngliche Überlagerung von Lößlehm beeinflußt sind, für Rotfäule „disponiert". Unter solchen Verhältnissen ist es eine Rentabilitätsfrage, ob trotz des drohenden Schadens der Anbau von Nadelholz zu empfehlen ist oder ob es nicht ratsamer ist, zunächst durch Anpflanzung tief wurzelnder, bodenbeschattender Laubhölzer eine günstigere physikalische Bodenstruktur wiederherzustellen, eine Maßnahme, die schon in den später zu besprechenden Abschnitt der Bodenverbesserung gehört.

Das vielleicht eindrucksvollste Beispiel für die Möglichkeit, durch Berücksichtigung der Bodenverhältnisse dem Auftreten von Schädlingen vorzubeugen, stellen die sogenannten „Immunsande" dar.

1868 machte Silvain Espitalier[7]) die Beobachtung, daß sich das Absterben von Reben, das durch Rebläuse verursacht wurde, ohne daß freilich damals schon die Ursache erkannt war, durch Auffahren von Sand zum Verschwinden bringen ließ. Nach Entdeckung der Einschleppung der Reblaus in das Rhonetal zwei Jahre später pflanzte er in großem Umfang frische Reben in Sand an mit dem Erfolg, daß in fünf Jahren von 350 000 Stöcken nur 1000

---

[1]) Schnauer, W., Untersuchungen über Schadgebiet und Umweltfaktoren einiger landwirtschaftlicher Schädlinge in Deutschland auf Grund statistischer Unterlagen. Ztschr. f. angew. Entomologie **15**, 1929, 574.

[2]) Weber, E., Das Massenauftreten der Rübenaaskäfer im Deutschen Reich im Jahre 1925. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **15**, 1928, 226.

[3]) Blunck, H. und Kaufmann, O., Die Rübenfliege und ihre Bekämpfung. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 117, 1931.

[4]) Pape, H., Das Auswintern des Klees. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **47**, 1931, 258.

[5]) Becker, Beobachtungen über den Kleekrebs im Frühjahr 1925. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **44**, 1929, 730.

[6]) Hopffgarten, E. H. v., Beiträge zur Kenntnis der Stockfäule *(Trametes radiciperda)*. Phytopath. Ztschr. **6**, 1933, 41.

[7]) Nach Dewitz, J., Die Immunsande. Landw. Jahrb. **53**, 1919, 436.

eingingen. Späterhin wurden in verschiedenen anderen Weinbaugebieten mit abwechselndem Ton- und Sandboden Reblausherde nur dort gefunden, wo Ton anstand oder nur von einer dünnen Sandschicht bedeckt war. Diese Erkenntnis gewährt die Möglichkeit, Europäerrebenbau auch in solchen Gebieten beizubehalten, in welche die Reblaus eingeschleppt ist, und darüber hinaus der Wirtschaft Gebiete zuzuführen, die sich für keine andere Kultur eignen.

Schließlich sei noch auf die Brennfleckenkrankheit der Bohnen hingewiesen.

Schaffnit und Böning[1]) warnen davor, schwere Böden mit zu hohem Grundwasserstand, die Bohnen an sich nicht zuträglich seien, zu ihrer Kultur heranzuziehen, da andernfalls dem Befall durch *Gloeosporium Lindemuthianum* Vorschub geleistet werde. Diesem könne man weiterhin auch durch Berücksichtigung der örtlichen Lage der Anbaufläche entgegenarbeiten.

### γ) Örtliche Lage

Gerade die sorgfältige Beachtung der letzteren bietet mancherlei Möglichkeiten, dem Auftreten von Pflanzenkrankheiten vorzubeugen. Es ist bekannt, daß die Standortsfaktoren unter bestimmten Bedingungen einschneidende Änderungen erfahren können. Dabei ist besonders bedeutungsvoll die Veränderung des Klimas, wenn auch die innige Wechselwirkung von Klima und Boden gerade auf kleinstem Raum sehr deutlich in die Erscheinung tritt. Aereboe[2]) spricht von Besonderheiten des Lokalklimas.

Darunter versteht er z. B. besondere Hagelgefahr, veranlaßt durch einen in der Nähe gelegenen Höhenzug, besondere Gefahr des Eintretens von Spätfrösten und Frühfrösten, veranlaßt durch große benachbarte Moore oder ähnliches, besondere Gefahr des Auswinterns des Getreides an Bergabhängen, besondere Gefahr des Befalls mit Pflanzenkrankheiten in schmalen Tälern, zwischen Wäldern und vieles andere. Hülsenberg[3]) beobachtete bei einer durch Wald führenden Süßkirschenallee innerhalb des Waldes starken Befall durch *Monilia cinerea*, während die Bäume außerhalb des Waldes vollkommen gesund waren. Die Erforschung dieser klimatischen Besonderheiten gehört zu dem Aufgabenkreis der ,,orographischen Mikroklimatologie", wie Geiger[4]) diesen Zweig der Mikroklimatologie nennt. Es handelt sich dabei um Erscheinungen, welche teils durch die Oberflächenform der Erde, teils durch die Art der Oberfläche hervorgerufen werden. Im allgemeinen vertikal übereinander gelagerte Klimaunterschiede können sich unter bestimmten Bedingungen horizontal nebeneinander anordnen, oder es kann auch ohne Umlagerung zur Ausbildung von horizontal nebeneinander bestehenden Mikroklimaten an Ort und Stelle kommen. Geiger hat diese Verhältnisse im einzelnen ausführlich erläutert.

Auf die Vermeidung von Spät- und Frühfrostschäden durch Standortsberücksichtigung braucht hier nur kurz hingewiesen zu werden. Sind die ,,Kälteinseln", ,,Frostlöcher", ,,Kälteseen" oder, wie die örtliche Ausbildung von Gebieten relativ niedriger Temperatur noch genannt werden mag, bekannt, so bleibt in der Mehrzahl der Fälle keine andere Maßnahme, als sich durch richtige Arten- bzw. Sortenwahl diesen klimatischen Besonderheiten nach Möglichkeit anzupassen, es sei denn, daß es durch Meliorationen gelingt, die Frostgefahr zu beheben. Für besonders

---

[1]) Schaffnit, E. und Böning, K., Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen. Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankheiten u. d. Immunität im Pflanzenreich. I. Mitt. 1925, 180.

[2]) Aereboe, F., Die Beurteilung von Landgütern und Grundstücken. 2. Aufl. Berlin 1921, S. 126.

[3]) Hülsenberg, H., schriftliche Mitteilung.

[4]) Geiger, R., Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927, S. 4.

hochwertige Kulturen kann man auch zu dem im nächsten Abschnitt zu besprechenden künstlichen Frostschutz greifen.

Neben der Temperatur ist unter den Besonderheiten des Lokalklimas von entscheidender Bedeutung die Feuchtigkeit, sei es des Bodens, sei es der Luft, die beide wieder in enger Beziehung zueinander und vor allem zu der Temperatur stehen. Bekanntlich begünstigt im allgemeinen hohe Luftfeuchtigkeit bei entsprechender Temperatur die Entwicklung von Pilzen. Bei der Bebauung von Örtlichkeiten, welche derartige Bedingungen bieten, wird man deshalb nach Möglichkeit darauf Rücksicht zu nehmen haben. Es ließe sich hierfür eine Fülle von Beispielen anführen. Viele von diesen werden sich aber nur verhältnismäßig selten in die Wirklichkeit umsetzen lassen.

Wenn wir wissen, daß das Auftreten des Getreiderostes oder des Mutterkorns durch feuchte tiefe Lagen begünstigt wird, so wird sich trotzdem der Anbau des Getreides unter solchen Verhältnissen häufig nicht umgehen lassen. Ähnlich wird es der Forderung Prjanischnikows[1]) gehen, Kartoffeln auf möglichst hoch und trocken gelegenen Feldern anzubauen, um dem Auftreten von *Phytophthora infestans* vorzubeugen. Anders liegen aber die Dinge, sobald es sich um speziellere Kulturen handelt. So treten Schaffnit und Böning[2]) dafür ein, geschlossene Tallagen nach Möglichkeit nicht für den Anbau von *Phaseolus*-Arten zu wählen, da hier *Gloeosporium Lindemuthianum* die geeigneten Entwicklungsbedingungen finde, während sonnige und luftige Lagen der Entwicklung des Pilzes hinderlich seien und die Ausbreitung der Krankheit bei eintretender trockener Witterung rasch zum Stillstand kommen ließen. Appel[3]) empfiehlt aus dem gleichen Grunde zur Heranzucht gesunden Samens den Anbau auf den Kämmen von Spargelbeeten. Prochaska[4]) warnt unter gleichartigen Bedingungen vor dem Anbau von Mohn, der dort durch das Auftreten von *Peronospora arborescens* gefährdet sei, und Kotte[5]) vor dem von Endivie, soweit sich die von ihm neuentdeckte, eine Blattfäule verursachende *Pseudomonas endiviae* bemerkbar gemacht hat. Hohe Luftfeuchtigkeit kann naturgemäß auch durch geschlossene Lage zwischen Bäumen gefördert werden. Deshalb rät Böning[6]), Tabak nicht auf Äckern am Waldrand oder im Walde anzubauen, überhaupt alle Standorte im Schatten von Bäumen zu vermeiden, da er hier leicht von der Brennfleckenkrankheit und der Wildfeuerkrankheit befallen werde. Aus dem Gebiet des Obstbaus, für dessen Erfolg die Berücksichtigung örtlicher Besonderheiten des Klimas geradezu eine entscheidende Voraussetzung ist, sei das Auftreten der verschiedenen *Fusicladium*-Arten erwähnt, das durch tiefe, feuchte, schattige, rauhe Lagen begünstigt wird und dem deshalb warme Südlagen am besten vorbeugen.[7]) Für den Waldbau sei als Beispiel die Gefährdung der Lärche durch *Mycosphaerella laricina* und der Weißtanne durch *Acanthostigma parasiticum* genannt. Dem Auftreten beider Parasiten läßt sich durch den Anbau an luftigen, trockenen Standorten begegnen.[8])

Es wird später noch gezeigt werden, daß uns zur örtlichen Regelung der Luft-

---

[1]) Prjanischnikow, D. N., Spezieller Pflanzenbau. Berlin 1930, S. 90.

[2]) Schaffnit, E. und Böning, K., Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen. Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankheiten u. d. Immunität im Pflanzenreich. I. Mitt. 1925, 180.

[3]) Appel, O., Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen und Erbsen. Kaiserl. Biolog. Anst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 60, 1917.

[4]) Prochaska, M., Beobachtungen über das Auftreten von *Peronospora arborescens* (Falscher Mehltau) auf *Papaver somniferum*. Fortschr. d. Landw. **3**, 1928, 166.

[5]) Kotte, W., Eine bakterielle Blattfäule der Endivie *(Cichorium endivia)*. Phytopath. Ztschr. **1**, 1930, 613.

[6]) Böning, K., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Krankheiten des Tabaks. Arb. Bayer. Landesanst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. **8**, 1929, 30.

[7]) Braun, K., Die *Fusicladium*- oder Schorfkrankheit. Biolog. Reichsanst. f. Land- und Forstw. Flugbl. Nr. 1, 1931.

[8]) Dieses Handbuch Bd. I, 5. Aufl. Berlin 1924, S. 594, 616.

feuchtigkeit neben zweckentsprechender Standortsberücksichtigung in begrenztem Umfang noch andere Maßnahmen zur Verfügung stehen.

Erwähnt sei schließlich noch der Wind, der nicht nur indirekt durch Beeinflussung der Luftfeuchtigkeit auf das Auftreten von Parasiten einen Einfluß auszuüben vermag, sondern auch direkt durch Verschleppen derselben, so daß auch die Ausnutzung dieser Zusammenhänge in manchen Fällen der Erkrankung vorbeugen kann.

Gassner[1]) macht darauf aufmerksam, daß der Anbau von Getreide an windgeschützten Stellen einen gewissen Schutz gegen heranfliegende Rostsporen gewähre und führt als Beweis dafür das durch Klebahn[2]) bekannt gewordene, von Halsted mitgeteilte Beispiel eines Vorkommens von *Puccinia asparagi* an. Dieser Rost trat auf abgeschnittenem und dann nachgewachsenem Spargel neben einem stark infizierten Felde nur auf der dem Felde zugekehrten Seite der Pflanzen auf und auch dort nicht, wo ein dazwischen stehendes Haus das Zuwehen der Sporen hinderte.

Bremer und Kaufmann[3]) haben die Abhängigkeit der Rübenfliege vom Winde näher untersucht. Waldstücke, Hecken, Maisfelder u. a. sind natürliche Barrieren für *Pegomyia hyoscyami*, und zwar steht der Umfang der durch sie geschützten Zone des Windschattengebietes in einem gewissen Verhältnis zu ihrer Höhe. Im Gegensatz dazu erweisen sich gelegentlich aber auch windoffene Höhen als ziemlich befallsfrei, während die dahinter gelegenen Hänge stärker befallen sind. Die Erklärung ist darin zu suchen, daß die Masse der Rübenfliegen bei der Verschleppung durch den Wind über Windschattenstellen weggetragen wird und diese infolgedessen frei bleiben. An besonders stark dem Winde ausgesetzten Stellen vermögen sich die Fliegen aber nicht zu halten und werden von dort weiter getragen, so daß auch derartige Örtlichkeiten verhältnismäßig befallsfrei sind.

Im einzelnen sind diese vielartigen Beziehungen noch wenig geklärt. Es braucht nur an das Klima der bodennahen Luftschicht erinnert zu werden, dessen Einfluß auf die Entwicklung von Pflanzenkrankheiten man erst in neuester Zeit systematisch nachzugehen sucht. Andererseits zeigen die Betrachtungen über Standortsberücksichtigung aber eindeutig, daß wir der Erkrankung unserer Kulturpflanzen um so wirkungsvoller vorbeugen können, je besser es uns gelingt, einerseits die jeweiligen Standortsbedingungen mit den Ansprüchen der Pflanzen in Einklang zu bringen und dadurch ihre abnorme Prädisposition zu verhindern, andererseits Standortsbedingungen zu vermeiden, die für die Entwicklung ihrer Parasiten günstig sind. Standortsberücksichtigung mit dieser Zielsetzung darf nicht die einzige hygienische Maßnahme bleiben; sie muß aber die Grundlage der Pflanzenhygiene bilden. Auf ihr haben alle anderen, zu ihrer Ergänzung und Vervollständigung unerläßlichen Kulturmaßnahmen der Hygiene aufzubauen; diese sollen nunmehr besprochen werden.

### b) Standortsverbesserung

Daß hygienische Standortsberücksichtigung allein zur Erreichung des ihr gesteckten Zieles nicht ausreichen kann, wird ohne weiteres klar, wenn man sich des früheren Hinweises erinnert, daß ein ursprünglich den Anforderungen der Pflanze

---

[1]) Gassner, G., Untersuchungen über die Abhängigkeit des Auftretens der Getreideroste vom Entwicklungszustand der Nährpflanze und von äußeren Faktoren. Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde u. Infektionskrankh. II. 44, 1916, 614.

[2]) Klebahn, H., Die wirtswechselnden Rostpilze. Berlin 1904, S. 19.

[3]) Bremer, H. und Kaufmann, O., Die Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyami Pz.* Berlin 1931, S. 77.

entsprechender Standort durch Witterungseinflüsse wie durch fortgesetzte Inanspruchnahme für die Pflanzenkultur dieser nachteilige Veränderungen erleiden kann, deren Beseitigung fortlaufend anzustreben ist. Dazu kommt, daß lediglich eine Ausnutzung der gegebenen Standortsbedingungen nicht befriedigen kann, sobald diese Mängel aufweisen, deren Behebung technisch und wirtschaftlich möglich ist. Hierbei handelt es sich um einmalige Maßnahmen, die einer dauernden Standortsverbesserung dienen, so daß die Standortsberücksichtigung und die sie ergänzenden fortlaufenden Verbesserungsmaßnahmen gewissermaßen auf einer höheren Stufe einsetzen können.

## 1. Klimaverbesserung

Das Klima gestattet, wie schon früher betont, nur in sehr engen Grenzen eine Verbesserung. Im großen und ganzen muß es als gegeben hingenommen werden. Von den klimatischen Faktoren kann in erster Linie eine Änderung der Temperatur in den durch Frostschäden, namentlich durch Spätfröste bedrohten Gebieten angestrebt werden.

Eine dauernde Verbesserung des Klimas durch Erhöhung der Temperatur mit Hilfe von einmaligen Maßnahmen kommt nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen und nach genauer Kenntnis der örtlichen Bedingungen in Betracht. Diese können bekanntlich im Rahmen der allgemeinen für das Auftreten von Spätfrösten erforderlichen Wetterlage die Froststärke beträchtlich erhöhen. Alles, was eine starke Ausstrahlung bei Nacht begünstigt und so lokal Kälte erzeugend wirkt, was eine Wärmezufuhr aus den tieferen Bodenschichten verhindert und was ein Verbleiben der Kaltluft an Ort und Stelle begünstigt, steigert die Frostgefahr. Ausstrahlung und Wärmenachschub stehen in einer gewissen Beziehung zueinander. Erstere ist um so wirksamer, der Temperaturabfall um so größer, je weiter das Verhältnis der Oberflächengröße zu dem für den Nachschub verfügbaren Bodenvolumen ist und je geringer die Wärmekapazität des letzteren ist. Die wegen der Frostgefahr gefürchteten Moore lassen diese Beziehungen sehr deutlich erkennen.

Frosterhöhend wirkt bei ihnen in erster Linie die organische Struktur des Bodens, die ihm eine geringe Wärmeleitfähigkeit gibt, die tiefe Lage und bei Nacht die dunkle Farbe, frostmildernd der hohe Wassergehalt und tagsüber die dunkle Farbe.

Brüne[1]) bezeichnet deshalb auch als wichtigste frostverhütende Maßnahme auf Moorboden eine vorsichtige Grundwasserregelung, weil es auf den am stärksten entwässerten Hochmoorflächen — Niederungsmoorflächen dürften sich nach dem Autor grundsätzlich kaum anders verhalten — am leichtesten zur Frostbildung kommt. In einem gewissen Gegensatz dazu scheint es zu stehen, wenn Aereboe[2]) sagt, die Hauptgründe für das allgemeine Nachlassen der Spätfrostschäden bei fortschreitender Kultur lägen in den Fortschritten, welche die Entwässerung von Mooren, Sümpfen, nassen Acker- und Wiesenländereien mache.

---

[1]) Brüne, F., Grundsätze für die Regelung des Wasserhaushalts in Moorböden. Die neuzeitliche Moorkultur. 1929. Heft 2, 4.

[2]) Aereboe, F., Landwirtschaftliche Betriebslehre. 5. Aufl. Berlin 1920, S. 447.

Staudacher[1]) meint für den Waldbau, es sei nicht zu bezweifeln, daß ein frischer oder gar nasser Boden eine ungleich größere Frostgefahr in sich schließe als ein trockener Boden, andererseits scheine aber doch in der Praxis die frostbegünstigende Wirkung der Bodenfeuchtigkeit häufig überschätzt zu werden. Staudacher spricht geradezu von einer starken Verschleierung der Auswirkung nasser oder sumpfiger Böden hinsichtlich ihrer Frostgefährlichkeit. Nur zu oft werde der Bodennässe zu Unrecht fremdes Verschulden beigemessen. In Wirklichkeit handele es sich meist um sog. „Grasfrost“ und „Muldenfrost“.

Nicht die Entwässerung schlechthin wird man deshalb als frostverhütende Maßnahme bezeichnen dürfen, sondern die den jeweiligen Verhältnissen entsprechende Regelung des Wasserhaushaltes. Damit wird man in gewissem Grade auch zur Milderung des Gras- und Muldenfrostes beitragen können.

Ersterer kommt durch die große wärmestrahlende Oberfläche der Gräser zustande bei gleichzeitig durch ihren Bau unbehinderter Luftbewegung in lotrechter Richtung. Die Gefahr des Grasfrostes steigt mit zunehmender Ausdehnung der Grasflächen, mit vermehrter Üppigkeit des Graswuchses und vor allem mit zunehmender, als Isolierung wirkender Verfilzung. Derartige verfilzte Grasdecken sind nach Geiger[2]) noch schlimmere Frostherde als die Moore. Sie werden namentlich jungen Forstkulturen gefährlich. Ihre Beseitigung hat durch Maßnahmen gegen den Graswuchs zu geschehen, wie sie Staudacher[1]) anführt.

Von wesentlich größerer Bedeutung noch ist der Muldenfrost, der durch das Einfließen kalter und deshalb schwerer Luft nach abflußlosen Einsenkungen entsteht. Wir kommen damit zu denjenigen örtlichen Bedingungen, die ein Verbleiben der Kaltluft am Ort der Entstehung begünstigen. Geiger[2]) erklärt die Erscheinung des Muldenfrostes ganz allgemein in folgender Weise: „Alle konkaven Geländegebiete sind relativ kalt, alle konvexen relativ warm, weil die Kaltluft von letzteren zu ersteren abströmt.“

In den Mulden sammelt sich deshalb nicht nur die an Ort und Stelle erzeugte Kaltluft, sie erhalten außerdem auch den Zustrom von Kaltluftmassen aus der Umgebung, so daß das Ausmaß der Frostschädigung in Mulden am größten ist und dort die Temperatur tiefer absinkt, als den Ausstrahlungsbedingungen der Mulde entspricht.

Der Verhütung des Muldenfrostes dienen alle diejenigen Maßnahmen, die geeignet sind, die kalte Luft von dem zu schützenden Ort fernzuhalten. Für ihre Durchführung ist die genaue Kenntnis des „Frosteinzugsgebiets“ wichtig.

Darunter versteht Staudacher[1]) in Parallele zu dem Wassereinzugsgebiet das gesamte Gebiet, aus welchem die Kaltluftmassen zu einem bestimmten Punkt ungehindert zusammenströmen können. Gestalt und Umfang dieses Gebietes sind nun durch Maßnahmen der erwähnten Art regulierbar. Schädliche Frostwirkungen an anderen Stellen, die früher wenig unter Frost litten, führt Staudacher in den meisten Fällen auf unbeabsichtigte Vergrößerung des Einzugsgebietes zurück. Umgekehrt kann dieses durch geeignete Maßnahmen auch verkleinert werden. Eine Ablenkung des Luftstroms kann durch Hindernisse der verschiedensten Art bewirkt werden. Dabei ist stets zu beachten, daß solche in der Richtung des Luftstroms stets ein Anstauen dieses und damit die Bildung eines Kältesees zur Folge haben. Während das Gelände hinter dem Hindernis also erhöhten Frostschutz erfährt, wird für das vor ihm liegende die Frostgefahr erhöht. Kann es in dem einen Fall richtig sein, Hindernisse zu errichten, so kann es in dem anderen gerade auf ihre Beseitigung ankommen. Als Abflußmöglichkeit für die kalte Luft kann schon das Durchbrechen einer Mauer, die Unterführung durch einen Bahndamm genügen. Umgekehrt veranlaßt unter Umständen schon das Anpflanzen von Hecken am oberen Rande eines Weinberges die Kaltluft zum Ausweichen.

---

[1]) Staudacher, Die Frostschäden im Forstbetrieb, deren Ursachen und Bekämpfung. Forstwiss. Zentralblatt 46, 1924, 63, 65; 100—101; 59.

[2]) Geiger, R., Das Klima der bodennahen Luftschichten. Braunschweig 1927, S. 190; 193.

Über einen interessanten Versuch zur Abriegelung kalter Fallwinde berichtet Keßler.[1]) Durch Anbau eines 10 m breiten Fichtenstreifens am oberen Rande eines Weinberges ist in diesem ein wirksamer Frostschutz erreicht worden.

Alle diese Maßnahmen zur Verhütung der Frostschäden haben den Vorteil, daß sie nur einmal durchzuführen sind und zu einer mehr oder weniger dauernden Verbesserung des Klimas führen. In vielen Fällen werden sie aber nicht ausreichen oder auf Schwierigkeiten stoßen und durch fortlaufend wiederholte Maßnahmen ergänzt oder ersetzt werden müssen. Diese letzteren sollen als künstlicher Frostschutz zusammengefaßt werden. Dabei kann man zwei Wege einschlagen, indem man entweder die natürlich vorhandene Wärme zu erhalten oder Wärme zuzuführen sucht.

Dem ersteren Zweck dient die Verhinderung oder Herabsetzung der nächtlichen Wärmeausstrahlung. Darunter wird die Differenz zwischen der Ausstrahlung der Erdoberfläche und der Gegenstrahlung der Atmosphäre verstanden. Dies kann durch Verringerung der ausstrahlenden Oberfläche oder durch ihre Bedeckung mit einem künstlichen Schutz erreicht werden. Dabei darf man die Oberfläche nicht nur auf den nackten Boden beziehen, sondern muß sie mit Woeikof[2]) ausdehnen auf „diejenige Oberfläche, welche die Sonnenstrahlen direkt empfängt und direkt Wärme nach dem interplanetaren Raume ausstrahlt". Woeikof spricht demgemäß von der „äußeren tätigen Oberfläche". Da die Ausstrahlung naturgemäß mit der Größe der Oberfläche wächst, wird ihre Herabsetzung durch Verringerung der Oberfläche anzustreben sein.

Deshalb wird beispielsweise das Festwalzen von zu lockerem Boden empfohlen, das gleichzeitig durch Förderung seiner Kapillarität die Wärmezuführung aus tieferen Bodenschichten erhöhen soll. Kessler[3]) empfiehlt weiter, frostgefährdete Ländereien im Frühjahr vor den anderen von dem die Oberfläche vergrößernden Unkraut zu reinigen, so daß zur Zeit des Eintritts der Fröste sich unter den Kulturpflanzen vegetationsfreier Boden befindet. Wertvoll sind in diesem Zusammenhang Untersuchungen von Young[4]), der feststellen konnte, daß der in den Orangengärten von Kalifornien zur Bodenverbesserung übliche Anbau von Futterpflanzen unter den Obstbäumen frosterhöhend wirkt, weil die Vergrößerung der äußeren tätigen Oberfläche die Ausstrahlung erhöht. Allerdings bestehen zwischen den Vegetationsarten in dieser Hinsicht Unterschiede, auf die Staudacher[5]) aufmerksam gemacht hat, je nachdem ob es sich um vorwiegend flächige, horizontal liegende oder um vorwiegend vertikal gestellte Pflanzenteile handelt.

Für die Herabsetzung der Oberflächenausstrahlung durch eine Deckschicht kommen die verschiedensten Materialien in Frage. Dabei können entweder der Boden allein oder die Pflanze allein oder beide gemeinsam gegen zu starke Ausstrahlung geschützt werden. Als Schutzmittel sind in der Hauptsache Erde, Stroh, Rohr, Reisig, Papier, Tuch, Holz und Glas zu nennen.

---

[1]) Kessler, O.W., Der Stand der Frostbekämpfungsversuche im Frühjahr 1930. D. deutsche Weinbau 1930, 199.

[2]) Woeikof, A., Probleme der Bodentemperatur. Meteor. Ztschr. **21**, 1904, 50—62.

[3]) Kessler, O. W., Zur Frage der Bekämpfung der Schadenfröste. Obst- und Gemüsebau **76**, 1930, 82.

[4]) Young, F. D., Influence of cover crops on orchard temperatures. A further study of the relation between cover crops and orchard temperatures. Monthly Weather Review **50**, 1922, 521—526; **53**, 1925, 387—391.

[5]) Staudacher, Die Frostschäden im Forstbetrieb, deren Ursache und Bekämpfung. Forstwiss. Zentralbl. **46**, 1924, 3.

Auf die mannigfaltige Art ihrer Verwendung kann im einzelnen hier nicht eingegangen werden; darüber gibt eine umfangreiche Spezialliteratur Aufschluß.[1]) Wesentlich ist der Hinweis Geigers[2]), daß bei festen Bedeckungen ein Schutz nur dann möglich ist, wenn die Bedeckung ein schlechterer Wärmestrahler ist als der Erdboden bzw. die zu schützende Pflanze. Geiger erwähnt einen Fall, in dem über frostempfindliche Pflanzen alte, schon rostende Konservenbüchsen gestülpt wurden. Die Folge war, daß, während die unbedeckten Pflanzen keine Schädigungen erlitten, die bedeckten erfroren, da die vom Rost rauhe Metalloberfläche den denkbar besten Wärmestrahler bildete und infolgedessen die Temperatur der Metallbüchsen, welche sich dem von der Büchse eingeschlossenen Luftraum mitteilte, wesentlich unter diejenige der Umgebung herabging.

Statt fester Bedeckungsmittel lassen sich auch Wasser und künstliche Entwicklung von Rauch und Nebel zur Verringerung der Ausstrahlung verwenden.

Das Überfluten wird von den Preißelbeerpflanzern in Massachusetts, New Yersey und Wisconsin als Frostschutz benutzt, wobei die Höhe des Wasserspiegels sich nach der Stärke des Frostes richtet.[3]) Hiltner[4]) empfiehlt zum Schutz gegen Spätfröste das Überrieseln bewässerbarer Wiesen. Das Überfluten ist naturgemäß nur bei Kulturen anwendbar, welche durch das Wasser keinen Schaden erleiden.

Wesentlich größere Bedeutung hat die künstliche Entwicklung von Nebel und Rauch. Nebel ist ein disperses Gebilde, dessen Dispersionsmittel gasförmig, dessen disperse Phase flüssig ist; Rauch ist ein Nebel, dessen Teilchen fest sind.[5]) Beide zeigen in ihrem Verhalten nur geringe Verschiedenheit, so daß ihre scharfe Scheidung in diesem Zusammenhang überflüssig erscheint. Nebel und Rauch sollen als Ersatz für die in der Frostnacht fehlende Wolkendecke dienen. Die Wirkung derartiger künstlicher Wolkendecken ist noch völlig ungeklärt.

Von einer Erörterung des sehr verwickelten Problems der nächtlichen Wärmestrahlung muß hier natürlich abgesehen werden. Das Maß für die nächtliche Abkühlung der Erdoberfläche wird gegeben durch die effektive Ausstrahlung. Diese wird zunächst bestimmt durch die Mächtigkeit der über dem Beobachtungspunkt liegenden Atmosphäre, durch die Temperatur und durch die absolute Feuchtigkeit.[2]) Wasserdampf absorbiert in hohem Maße die von der Erde ausgehenden dunklen Wärmestrahlen, so daß bei hinreichendem Wasserdampfgehalt der Luft die von der Erdoberfläche ausstrahlende Wärme nicht in den Weltenraum hinausgestrahlt, sondern großenteils vom Wasserdampf absorbiert und teilweise wieder zurückgestrahlt wird. Die effektive Ausstrahlung geht weiter zurück, sobald der Himmel sich bewölkt, wobei sowohl der Grad der Himmelsbedeckung als auch die Art der Bewölkung maßgebend ist. Ähnliche Verhältnisse vermuten Lüstner und Molz[6]) bei den künstlichen Rauchwolken, deren Rußteilchen in hohem Maße Wärme absorbieren und ausstrahlen. Kessler[7]) meint aber noch 1928: „Wir können bei einigen Faktoren uns theoretische Erklärungen für die Wirkung der Schutzdecke wohl geben, wir können jedoch ohne sehr schwierige Versuche den Einfluß

---

[1]) Z. B. Kessler, O.W. u. a., Fröste und Frostbekämpfung im Weinbau. Mitt. Hess. Lehr- u. Versuchsanst. f. Wein- u. Obstbau. Heft 1—4, 1929. — Löschnig, J., Frostschäden und Frostschutz in der Landwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung des Weinbaus. Wien 1928.

[2]) Geiger, R., Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927, S. 213; 39.

[3]) Young, F. D., Frost and the prevention of frost damage. U. S. Dep. Agricult. Farm. Bul. Nr. 1588, 1929, 12.

[4]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 43.

[5]) Freundlich, H., Kapillarchemie. 2. Aufl. Leipzig 1922, S. 1061.

[6]) Lüstner, G. und Molz, E., Schutz der Weinrebe gegen Frühjahrsfröste. Stuttgart 1909, S. 65.

[7]) Kessler, O. W., Fröste und Frostbekämpfung im Weinbau. Mitt. Hess. Lehr- u. Versuchsanst. f. Wein- u. Obstbau. Heft 2, 1928, 34.

der einzelnen Faktoren, nämlich der gasförmigen und festen Bestandteile sowie der Verbrennungswärme selbst auch nicht annähernd abschätzen."

Versuche mit künstlichen Nebeln, wie sie im Kriege zur Anwendung gelangten, sind in Amerika durchgeführt worden.

Young[1]) berichtet, es sei erwiesen, daß derartige Nebel praktisch keinen Schutz gegen Frostschäden bieten. Geiger[2]) führt diesen Mißerfolg auf ihren Mangel an Wasserdampf zurück. Im Einklang damit steht die Auffassung von Schmidt[3]), daß in den chemisch erzeugten Nebeln nicht etwa neuer Wasserdampf zugeführt wird, sondern nur eine Bindung des an Ort und Stelle vorhandenen an die einzelnen chemischen Kerne stattfindet. Kessler[4]) macht für die Wirkungslosigkeit das Fehlen der „Schutzdeckenwirkung" verantwortlich, wie er sie den Rußteilchen zuschreibt.

In neuester Zeit sind Versuche mit neuartigen Nebeln, sog. Säurenebeln, von Ext[5]) angestellt worden. Die Nebelerzeugung beruht in diesem Fall darauf, daß in Chlorsulfonsäure gelöstes Schwefeltrioxyd zur Verdampfung gebracht wird, das durch Erwärmung oder durch Auftropfenlassen auf gebrannten Kalk erfolgt. Ein abschließendes Urteil ist vorerst nicht möglich. Hilgendorff[6]) glaubt, daß bei Verwendung von Säurenebeln zum Frostschutz immer mit einer Gefährdung der Pflanzen zu rechnen sein wird, während Wegeleben[7]) die Aussichten des Verfahrens wesentlich günstiger beurteilt.

Die künstliche Rauchentwicklung, das eigentliche Frosträuchern, bildet die letzte derjenigen Maßnahmen, durch die man die natürlich vorhandene Wärme zu erhalten sucht.

Vermutlich ist die Wirkung des Frosträucherns freilich nicht allein auf die Erhaltung der Wärme beschränkt, vielmehr wird auch eine Zuführung von Wärme erfolgen, indem die Luft durch die Feuerstätten erwärmt wird. Wie die Verhältnisse im einzelnen liegen, ist noch wenig geklärt, so daß Kessler[4]) 1928 alle bislang durchgeführten Frosträucherversuche als Tastversuche mit gefühlsmäßiger Anwendung des Frosträucherrezeptes „Möglichst viel Rauch erzeugen" bezeichnet, ohne daß der Erfolg durch genaue Messungen nachgewiesen sei. Die strahlungsmindernde Wirkung des Räucherns ist abhängig von der Art des Rauches. Schmidt[3]) hat bei Rauch von brennendem Teer eine Verminderung der Ausstrahlung um 30—40%, bei solchem von Reisigfeuer, das mit feuchtem Pferdemist und ähnlichem gedämpft wurde, um 70—80% beobachten können. Außer den schon erwähnten Materialien werden auch besondere Räuchermassen verwandt.[8])

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Maßnahmen des künstlichen Frostschutzes ist das Hauptziel des eigentlichen Frostheizens nicht die Erhaltung der vorhandenen Wärme, sondern die Zuführung neuer Wärme. Allerdings wird

---

[1]) Young, F. D., Frost and the prevention of frost damage. U. S. Dep. Agricult. Farm. Bul. Nr. 1588, 1929, 12.

[2]) Geiger, R., Künstliche Frostbekämpfung. Wegweiser im Obst- u. Gartenbau **36**, 1928, 52.

[3]) Schmidt, W., Meteorologische Feldversuche über Frostabwehrmittel. Mitt. Hess. Lehr- u. Versuchsanst. f. Wein- u. Obstbau, Heft 4, 1929, 54; 53.

[4]) Kessler, O. W., Fröste und Frontbekämpfung im Weinbau. Mitt. Hess. Lehr- und Versuchsanst. f. Wein- u. Obstbau Heft 2, 1928, 33; 29.

[5]) Ext, W., Phytotoxische Versuche mit neuartigen künstlichen Nebeln, sog. Säurenebeln zur Abwehr von Nachtfrostschäden in Baumschulen, Weinbergen und sonstigen gärtnerischen Kulturen. Angew. Botanik **13**, 1931, 262—290.

[6]) Hilgendorff, Über die Verwendung von Säurenebeln im Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 9—10.

[7]) Wegeleben, R., Nachtfrostverhütung durch künstliche Nebel. Deutsche Landw. Presse **59**, 1932, 93—94.

[8]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927.

ebenso wie beim eigentlichen Frosträuchern das eine das andere nicht ausschließen, sondern eine mehr oder minder vereinigte Wirkung der Zuführung und Erhaltung von Wärme das Ergebnis sein, so daß eine reine Trennung von Frostheizen und Frosträuchern nicht in jedem Fall möglich ist.

Geiger[1]) bezeichnet geradezu das amerikanische „heater"-Verfahren als eine moderne Entwicklung des schon von den Römern betriebenen Frosträucherns. Er glaubt auch, daß die Wirkung weniger auf der unmittelbaren Wärmestrahlung des brennenden Öles bzw. des glühenden Metallgefäßes als auf der indirekten durch die Rauchwolken beruhe. Das dürfte aber kaum der Auffassung der Amerikaner entsprechen. Young[2]) bezeichnet gerade als Nachteil der wegen ihrer Billigkeit für das Heizen bevorzugten leeren Schmalzversandeimer (lard-pail heaters) die starke Rauchentwicklung; um sie zu vermeiden, bestehe immer wieder die Neigung, zu den teureren Metallöfen zu greifen. Er hat auch gemeinsam mit Kimball[3]) die frostschützende Wirkung des Rauches experimentell untersucht und ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß der Rauch, wenn überhaupt, so doch nur sehr geringen Wert hat. Dementsprechend schreiben Schoonover und Brooks[4]) eindeutig lediglich der Hitze die Schutzwirkung zu. In ihren Versuchen haben sie es sich u. a. zur Aufgabe gemacht, das Frostheizen methodisch durch Verringerung der Rauchentwicklung zu verbessern. In Anlehnung an die amerikanische Auffassung fordert Löschnig[5]), daß auch bei uns der Heizeffekt in den Vordergrund gestellt werde; die Rauchentwicklung komme erst in zweiter Linie unterstützend in Frage. Schmidt[6]) dagegen vertritt den Standpunkt, daß das eigentliche Frostheizen schon aus rein wirtschaftlichen Gründen für uns keine Bedeutung habe. Als gebräuchlichstes Heizmaterial nennt Young[2]) Öle der verschiedensten Schwere, die nur einen möglichst geringen Wasser- und Asphaltgehalt haben müssen. Daneben werden verschiedene Koksarten, Steinkohlen, Briketts, Holz, ölgetränkte Holzspäne, gepreßtes Stroh und schließlich ein aus Kohlenstaub, Asphalt, Sägespänen und Salpeter gemischtes Produkt benutzt. Wichtig ist vor allem, daß nicht wenige große Feuer angezündet werden, sondern viele kleine, da Feuer einen starken vertikalen Luftstrom erzeugt, so daß die heiße Luft mehr oder weniger verloren geht und statt dessen die unerwünschte kalte Luft von den Seiten nachströmt. Auch in Deutschland sind in den letzten Jahren Geländeheizversuche durchgeführt worden, bei denen entweder Öl in besonders konstruierten Öfen oder auch Braunkohlenbriketts verbrannt wurden.[7])

Erwähnt sei schließlich noch, daß man die Heranführung warmer Luft noch auf einem andern Weg versucht hat. Bekanntlich hat die über dem Boden liegende Kaltluftschicht meist nur eine geringe Höhe, während sie von warmer Luft überlagert wird. Man hat deshalb in Südkalifornien zahlreiche Maschinen gebaut, um die Warmluft herabzuholen und den Pflanzen zuzuleiten. Praktischer Wert kommt diesen Versuchen nicht zu.

Welches der verschiedenen Verfahren des künstlichen Frostschutzes den Vorzug verdient, läßt sich generell nicht entscheiden. Das wird sich nach den gegebenen örtlichen Verhältnissen richten, die auf das genaueste zu prüfen sind. Geiger[1])

[1]) Geiger, R., Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927, S. 216; 222.

[2]) Young, F. D., Frost and the prevention of frost damage. U. S. Dep. Agricult. Farm. Bul. Nr. 1588, 1929, 21; 19—20.

[3]) Kimball, H. H. and Young, F. D., Smudging as a protection from frost. U. S. Monthly Weather Rev. 48, 1920, 461—462.

[4]) Schoonover, W. und Brooks, F. A., The smokiness of oil burning orchard heaters. Agricult. Exp. Stat. Berkeley California Bul. 536, 1932, 1—66.

[5]) Löschnig, J., Frostschäden und Frostschutz in der Landwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung des Weinbaus. Wien 1928, S. 66.

[6]) Schmidt, W., Meteorologische Feldversuche über Frostabwehrmittel. Mitt. Hess. Versuchs- u. Lehranst. f. Wein- u. Obstbau, Heft 4, 1929, 99.

[7]) Kessler, O.W., Der Stand der Frostbekämpfungsversuche im Frühjahr 1930. D. deutsche Weinbau 1930, 199.

weist darauf hin, daß die Verhältnisse in Deutschland viel ungünstiger als in Amerika liegen, da bei uns der Frost eine viel häufigere Erscheinung sei. Andererseits könne aber viel mehr als bisher geschehen. Zur Prüfung aller Bekämpfungsmöglichkeiten wurde vorübergehend 1928 ein „Reichsausschuß für Frostabwehr im deutschen Weinbau" ins Leben gerufen. Über den Plan der eingeleiteten Versuche hat Kessler[1]) berichtet und dabei auch genaue Kostenangaben gemacht.

Außer der Temperatur bietet von den klimatischen Faktoren lediglich noch die Luftfeuchtigkeit in sehr beschränktem Umfang die Möglichkeit der Einwirkung im Sinne der Klimaverbesserung.

So kann man durch Anlage von Waldschutzstreifen und den dadurch verursachten Windschutz[2]) neben der Temperatur auch die Luftfeuchtigkeit bis zu einem gewissen Grade beeinflussen. Bekannt ist der Einfluß des Waldes auf die Hagelgefahr. Aereboe[3]) berichtet, daß nach dem Abhauen eines Waldes auf einem Bergrücken ein Gut in Westfalen fast Jahr für Jahr verhagelte, während vordem seit Menschengedenken niemals Hagel gefallen war. Neuerdings vermutet man auch einen Einfluß der Hochspannungsleitungen auf den Zug der Gewitterregen.

An dieser Stelle sei auch kurz der Versuche gedacht, durch Erzeugung starker Lufterschütterungen die Hagelbildung zu verhüten. Man benutzt dazu sog. Hagelraketen oder Hagelkanonen. Zschokke[4]) weist darauf hin, daß eine zuverlässige Erklärung für die behauptete Wirkung des Hagelschießens nicht gegeben werden könne, da wir über die Bedingungen und die Art und Weise der Hagelbildung noch nicht hinlänglich unterrichtet seien. Kleinschmidt[5]) ist sogar der Meinung, daß physikalische Erfahrungen dem Glauben an die Erfolgswirkung des Hagelschießens die Stütze entziehen. Auf Grund umfangreicher statistischer Erhebungen spricht er den heutigen Hagelraketen jeden Wert ab. Selbst wenn sich aber jemand von der Unwirksamkeit der Hagelraketen nicht überzeugen lasse, habe er doch keine Veranlassung zu schießen, da die Kosten des erhofften Schutzes größer als der Schaden seien.

Im wesentlichen wird aber eine Änderung der Luftfeuchtigkeit, soweit sie überhaupt möglich ist, nur auf dem Wege über eine solche der Bodenfeuchtigkeit zu erreichen sein, abgesehen davon, daß die Gestaltung des Pflanzenbestandes selbst, wie später zu zeigen sein wird, in gewissem Rahmen eine Beeinflussung der Luftfeuchtigkeit zuläßt. Das gilt jedenfalls für Freilandbedingungen. Anders liegen die Verhältnisse natürlich im Gewächshaus, wo man auch die Regelung der klimatischen Faktoren weitgehend in der Hand hat. Im einzelnen kann darauf an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Wie wenig aber gerade hier den Grundsätzen der Hygiene entsprochen wird trotz günstigster Möglichkeiten, zeigt die Auffassung von Böhmig[6]), daß 90% aller in Glashäusern auftretenden Krankheiten und Schädlinge auf falsche Kulturmaßnahmen zurückzuführen seien.

---

[1]) Kessler, O.W., Der Stand der Frostbekämpfungsversuche im Frühjahr 1930. D. deutsche Weinbau 1930, 199—202.

[2]) Bargmann, B. A., Die Verteidigung und Sicherung der Wälder gegen die Angriffe und die Gewalt der Stürme, unter besonderer Berücksichtigung der örtlichen Windablenkungen. Allg. Forst- und Jagdztg. **80**, 1904, 81ff. — Fritzsche, K., Sturmgefahr und Anpassung. Tharandter Forstl. Jahrb. **84**, 1933, 1—90.

[3]) Aereboe, F., Landwirtschaftliche Betriebslehre. 5. Aufl. Berlin 1920, S. 22.

[4]) Zschokke, Hagelraketen. D. deutsche Weinbau **10**, 1931.

[5]) Kleinschmidt, E., Das Hagelschießen. Ztschr. f. angew. Meteorologie **49**, 1932, 39—51.

[6]) Böhmig, F., Betrachtungen über gärtnerischen Pflanzenschutz. Gartenwelt **33**, 1929, 621.

## 2. Bodenverbesserung

Feuchtigkeit und Nährstoffgehalt wurden früher als die in erster Linie für das Gedeihen der Pflanzen entscheidenden edaphischen Standortsfaktoren angeführt. Demgemäß wird sich auch die Bodenverbesserung vor allem mit diesen beiden Faktoren zu befassen haben. Soweit es sich dabei um einmalige Maßnahmen zur dauernden Verbesserung handelt, die naturgemäß auch die richtige Erhaltung der einmal getroffenen Einrichtungen einschließen, spricht man meist von Meliorationen. Die ständig wiederkehrenden dagegen faßt man einerseits als Bodenbearbeitung, andererseits als Düngung zusammen. Diese beiden letzteren Begriffe sind also eigentlich dem der Bodenverbesserung untergeordnet; denn um eine solche handelt es sich ja in jedem Falle. Da aber Bodenbearbeitung und Düngung an Wichtigkeit in keiner Weise hinter den Maßnahmen zur dauernden Bodenverbesserung zurückstehen, vielmehr die Hauptarbeit des Pflanzenbauers bilden, erscheint es berechtigt, sie diesen nebenzuordnen. So gelangt man zur Beschränkung des Begriffs Bodenverbesserung auf die einmaligen Maßnahmen von dauernder Wirkung, während die enge Zusammengehörigkeit von Bodenverbesserung, Bodenbearbeitung und Düngung durch den übergeordneten Begriff Standortsverbesserung gewahrt bleibt.

Die Bodenverbesserung strebt vor allem eine Regelung des Wasserhaushalts an. Alle anderen Ziele sind demgegenüber von untergeordneter Bedeutung, wenn auch, wie gleich zu zeigen sein wird, vielfach gar nicht die Bodenfeuchtigkeit als solche das wirksame Moment der Verbesserung ist. Rothe[1]) versteht sogar unter Melioration lediglich die Wasserregulierung; sie ist die grundlegende Voraussetzung für jede Kultur. Dabei denken wir in erster Linie an die verschiedenen Verfahren der Entwässerung und Bewässerung, mit deren Hilfe wir den Grundwasserstand senken, überschüssiges Wasser abwehren und Wassermangel beheben. Ist durch diese Maßnahmen die Grundlage eines geordneten Wasserhaushalts im Boden geschaffen, so läßt sich weiterhin in gewissen Grenzen eine Regelung auch durch Bodenbearbeitung erreichen. Es braucht nur daran erinnert zu werden, daß ein Boden in lockerem Zustand über 50% mehr Wasser festzuhalten vermag und 20% weniger Wasser durch Verdunstung an die Atmosphäre verliert als in unbearbeitetem Zustand.[2]) Welcher Weg im einzelnen einzuschlagen ist, ist hier nicht zu erörtern. Vielmehr handelt es sich an dieser Stelle nur um die Frage, ob und wie weit Bodenverbesserung durch zweckentsprechende Regelung des Wasserhaushalts geeignet ist, als hygienische Maßnahme zu dienen.

Für die anzustrebende Höhe des Grundwasserstandes, die für die einzelnen Kulturarten im Sinne der landwirtschaftlichen Betriebslehre ganz verschieden ist und sich außerdem nach Klima und Boden richtet, gelten allgemeine Richtlinien. Andererseits wurde früher bei Besprechung der Standortsberücksichtigung festgestellt, daß jede Pflanzenart und jede Varietät ein mehr oder minder ausgesprochenes Optimum der Wasserversorgung hat. Je mehr Grundwasserstand

---

[1]) Rothe, J., Meliorationen. Handbuch d. Landwirtschaft. Bd. 2. Berlin 1929, S. 138.

[2]) Mitscherlich, E. A., Steigerung der Pflanzenerträge unter dem Einfluß der Vegetationsfaktoren und der Bodenbearbeitung. Landw. Hefte Nr. 24. Berlin 1913, 17.

und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens vom jeweiligen Optimum abweichen, um so größer ist die Gefahr krankhafter Entwicklungsstörungen der Pflanze. Diese brauchen freilich keineswegs nur durch das Übermaß oder durch den Mangel an Feuchtigkeit bedingt zu sein. Es ist bekannt, daß die Bodenfeuchtigkeit in engster Beziehung zu anderen edaphischen Faktoren steht, vor allem zu dem Luftgehalt und zur Wärme des Bodens, und daß sie auch auf die klimatischen Faktoren der bodennahen Luftschicht von großem Einfluß ist. Veränderungen des einen Faktors ziehen notwendigerweise solche des anderen nach sich. Es braucht also keineswegs immer die zu hohe oder die zu niedrige Bodenfeuchtigkeit als solche die Ursache der Entwicklungsstörungen zu sein. So macht man auf zu feuchten Böden weniger den hohen Feuchtigkeitsgehalt als den Sauerstoffmangel für das mangelhafte Gedeihen der Pflanzen verantwortlich. Die Verhältnisse werden dadurch kompliziert, wie es allgemein für parasitäre Erkrankungen zutrifft, daß Änderungen in der Bodenfeuchtigkeit und der mit ihr in Zusammenhang stehenden Faktoren sich nicht nur an der Pflanze auswirken, sondern auch an ihren Parasiten. Wir haben es also bei der Ent- und Bewässerung mit besonders komplizierten Maßnahmen zu tun, welche die sichere Entscheidung über den hygienischen Wert der Bodenverbesserung, insbesondere ihrer einzelnen Faktoren erschweren. Immerhin kennen wir heute doch eine Reihe von Fällen, in denen der positive Nachweis hinreichend sicher erbracht ist.

Zunächst ist zu bedenken, daß Beseitigung schädlichen Grundwassers schnellere Erwärmung des Bodens zur Folge hat und frühere Bestellung ermöglicht. Das kann zu einem im Laufe der Vegetation sehr wichtigen Vorsprung führen, auf den bei Besprechung des Einflusses der Saatzeit noch zurückzukommen sein wird. Als weiteren Vorteil entwässerter Felder führt Rothe[1]) an, daß die Pflanzen auf ihnen infolge tieferer Bewurzelung Dürrezeiten besser überstehen.

Entscheidende Bedeutung kommt der Grundwassersenkung als Maßnahme gegen den früher erwähnten Niedergang des niederelbischen Obstbaues zu, bei dem die Wasser- und Bodenverhältnisse von großer Bedeutung sind. Wartenberg[2]) bezeichnet die Entsäuerung des sandarmen, eisenhaltigen Tonbodens durch das Steigen des Grundwasserspiegels als Letalfaktor beim Obstbaumsterben in den Marschen. Eine im Weinbau sehr verbreitete Erkrankung ist die Chlorose, die allerdings durch die verschiedensten Ursachen hervorgerufen werden kann, unter denen vor allem mangelhafte Durchlüftung des Bodens genannt wird. Müller[3]) empfiehlt zu ihrer Verhütung in erster Linie Beseitigung stauender Nässe im Boden durch Drainage, Einführen von Schlacken oder tiefes Rigolen neben reichlicher Bodenbearbeitung. Schottler und Scheu[4]) berichten, daß Schlackendränage in Gräben auch in Weinbergen, die von Kalkchlorose befallen waren, die Gelbsucht fast vollständig geheilt hat. Ebenso wie die Chlorose der Weinrebe geht die der Obstbäume in der Mehrzahl der Fälle auf schlechte Durchlüftung des Bodens zurück, die namentlich durch zu hohen Grundwasserstand bedingt ist. Hiltner[5]) sieht deshalb in der Entwässerung die wichtigste Maßnahme gegen ihr Auftreten.

[1]) Rothe, J., Meliorationen. Handbuch d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 145.

[2]) Wartenberg, H., Die Bodenverhältnisse der niederelbischen Marschen und ihre phytopathologische Bedeutung für den Obstbau. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **17**, 1930, 419.

[3]) Müller, K., Chlorose. Weinbau-Lexikon, Berlin 1930, S. 135.

[4]) Schottler, W. und Scheu, Die Gelbsucht der Weinberge in der Provinz Rheinhessen und ihr Zusammenhang mit den Bodenverhältnissen. Arb. Landw. Kammer Hessen, Heft 35, 1925, 43.

[5]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 278.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Regelung des Wasserhaushalts namentlich auch bei den Bewässerungskulturen. Hier kommt es, wie Mumford[1]) betont, nicht nur auf die Zuführung des Wassers überhaupt an, sondern vor allem auf die richtige Art der Bewässerung, die so wenig wie möglich die Bodendurchlüftung beeinträchtigen muß.

Er weist in diesem Zusammenhang auf die schädlichen Folgen übermäßiger Bewässerung der Baumwollkulturen in Ägypten hin, die zur Welkekrankheit, zum Kapselabwurf und zu schweren Schädigungen durch Parasiten und damit zu einem allgemeinen Rückgang der Ernten geführt hat. Derartige Erscheinungen können freilich, wie Kränzlin und Marcus[2]) betonen, die Folge der verschiedensten Unregelmäßigkeiten in der Wasserführung des Bodens sein; diese Autoren bezeichnen deshalb Regulierung und Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit sowie Ableitung überschüssigen Wassers als wichtigste Maßnahme zur Gesunderhaltung der Baumwolle. Die gleiche Beobachtung machte Howard[3]) beim Auftreten der Welkekrankheit von *Indigofera arrecta Hochst.* in Bihar. Diese Krankheit macht sich immer in der letzten Hälfte der Regenperiode bemerkbar. Die schweren Regenfälle zerstören die Porosität der Bodenoberfläche und beeinträchtigen dadurch die Bodendurchlüftung, was seinen Ausdruck in dem Anstieg des Kohlensäuregehalts im Boden findet. Gleichzeitig steigt das Wasser der Flüsse an und damit auch der Grundwasserstand. Die Folge beider Erscheinungen ist ein Absterben der feinen Würzelchen und der Wurzelknöllchen. In Übereinstimmung damit beobachtete Howard, daß von *Hibiscus canabinus L.* und *Crotularia juncea L.* nur die tief wurzelnden Varietäten die Krankheit zeigten, während die flach wurzelnden überwiegend gesund blieben.

So schädlich demnach eine übermäßige Wasserzuführung werden kann, die zu den gleichen Folgen wie ungenügende Entwässerung führen muß, so segensreich wirkt sie in richtiger Weise angewandt. Gleisberg[4]) weist darauf hin, daß viele Krankheiten und Schädigungen auf ungenügende Wasserzufuhr zurückzuführen sind. Aber auch er betont die Wichtigkeit ihrer zweckentsprechenden Durchführung und setzt sich in diesem Zusammenhang für die Untergrundbewässerung ein, die mancherlei nachteilige Folgen des Bewässerns von oben vermeide. Ebenso bemerkt Mc Millan[5]) bei Erörterung des Fusariumbefalls von Kartoffeln auf Bewässerungsböden treffend, daß sich keine festen Regeln für die Wasserzuführung angeben lassen, weil jedes Stück seine besondere Behandlung erfordere. Eine wichtige Maßnahme bildet die Wasserzuführung auch im Obstbau, um das vorzeitige Abfallen und das Stippigwerden des Obstes zu verhüten. Andererseits darf freilich die Bewässerung im Herbst nicht zu lange ausgedehnt werden, da sonst die Gefahr besteht, daß das Holz nicht ausreift und dadurch dem Frost nicht genügend Widerstand leistet.[6])

Diese Verhütung anormaler Prädisposition spielt naturgemäß auch eine große Rolle bei dem Befall der Pflanzen durch Parasiten.

---

[1]) Mumford, E. P., Cotton stainers and certain other sapfeeding insect pests of the cotton plant. London 1926.

[2]) Kränzlin, G. und Marcus, A., Baumwolle. Leipzig 1931, S. 163.

[3]) Howard, A., The influence of soil factors on disease resistance. Ann. appl. Biol. **7**, 1921, 375—382.

[4]) Gleisberg, J., Untergrundbewässerung oder Beregnung in Gemüsetreibhäusern? Gartenwelt **36**, 1932, 361.

[5]) Mc Millan, H. G., Fusarium-blight of potatoes under irrigation. Journ. Agric. Res. **16**, 1919, 298.

[6]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 244.

So hat Hemmi[1]) beobachtet, daß Reispflanzen auf trockenem Boden anfälliger gegenüber *Piricularia oryzae* sind. Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht wieder die Untersuchungen von Howard.[2]) Er fand z. B., daß im Winter kurz bewässerte Obstbäume keinen Blattlausbefall zeigten, während unmittelbar benachbarte, die lange überflutet waren, stark befallen wurden. Die Ursache sieht er darin, daß nach den Erfahrungen in Belutschistan Bodenstruktur und Bodendurchlüftung durch Winterbrache bedeutend verbessert werden, durch Bewässerung um diese Zeit dagegen stark leiden, was wieder eine Beeinträchtigung der Wurzelentwicklung zur Folge hat und dadurch Änderungen im Wassergehalt der Pflanze hervorrufen soll. Den letzteren mißt er entscheidende Bedeutung für die Resistenz der Pflanzen gegen saugende Insekten bei, Gedankengänge, die sich mit denen von Münch[3]) begegnen, nach dessen Untersuchungen Holzpilze in wasserreiches Holz nicht einzudringen vermögen.

Wie ein Übermaß der Wasserzuführung auch in diesem Fall schädlich sein kann, so wird sie andererseits bei richtiger Durchführung als Vorbeugungsmaßnahme gegen mancherlei Schäden durch Insekten empfohlen aus der Erkenntnis heraus, daß diese wie z. B. die Erdflöhe auf feuchtem Boden sich nicht wohl fühlen.[4])

Zur Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit für einen solchen Zweck ist nicht immer Bewässerung notwendig. Schablitzki[5]) hält Beimischungen von Torfmull oder Bedecken mit diesen für ausreichend. Erinnert sei in diesem Zusammenhang auch an das in den letzten Jahren auch in Deutschland verschiedentlich erprobte, in der Ananaskultur auf Hawai schon seit langem gebräuchliche Verfahren der Bodenbedeckung.[6])

Unter Umständen kann die Bewässerung aber auch ins Extrem gesteigert werden, um Schädlinge auf diese Weise zu ersticken.[7]) Dann stellt sie jedoch keine Kulturmaßnahme der Hygiene mehr dar, sondern ein Bodenentseuchungs- oder ein Bekämpfungsverfahren.

Viel häufiger sind diejenigen Fälle, in denen durch Entwässerung dem Parasitenbefall vorgebeugt werden kann, was bei den erwähnten ungünstigen Folgen zu hoher Bodenfeuchtigkeit für die Wurzelentwicklung nicht überraschen kann. Dazu kommt, daß über einem nassen Boden auch die Luftfeuchtigkeit der bodennahen Luftschicht höher ist und damit ein weiteres günstiges Moment für die Entwicklung namentlich von parasitären Pilzen und Bakterien gegeben ist. In dieser Hinsicht braucht nur an die früheren Ausführungen über den Einfluß der örtlichen Lage auf das Auftreten von Pflanzenkrankheiten erinnert zu werden. Entwässerung eines zu feuchten Bodens wird also in der verschiedensten Weise dem Auftreten von Krankheiten vorbeugen können durch Verhütung der abnormen Prädisposition der Pflanze, die dem Parasiten den Befall erschwert, dessen Entwicklung weiter beeinträchtigt wird durch ihm nachteilige Gestaltung

[1]) Hemmi, T., Experimental studies on the relation of environmetal factors to the occurence and severity of blast disease in rice plants. Phytopath. Ztschr. 6, 1933, 322.

[2]) Howard, A., The influence of soil factors on disease resistance. Ann. appl. Biol. 7, 1921, 385—386.

[3]) Dieses Handbuch Bd. III, 5. Aufl. Berlin 1932, S. 308.

[4]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 51.

[5]) Schablitzki, Torfmull als Mittel im Kampf gegen Feinde und Krankheiten unserer Pflanzen. Erf. Führer Obst- u. Gartenbau 28, 1927, 114.

[6]) Reinhold, J. und Schmidt, M., Bodenbedeckungsversuche mit verschiedenen künstlichen Abdeckungsstoffen. Ztschr. f. Pfanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde. Teil B. 12, 1933, 191—241. Literatur.

[7]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 296.

der edaphischen und mikroklimatischen Faktoren. Deshalb wird auch Entwässerung sehr häufig als hygienische Maßnahme empfohlen.

Nur durch Dränung gelingt es, wie Gassner[1]) meint, in vielen Fällen, starkem Rostbefall und Schäden des Getreides durch Mehltau vorzubeugen. Pichler[2]) empfiehlt zur Verhütung des Schneeschimmels Dränage von bindigen Böden sowie von solchen Stellen des Ackers, die eine stagnierende Nässe bedingen. Peters[3]) fordert Dränage aller nassen, zur Rübenkultur herangezogenen Äcker, da Nässe für das Gedeihen der bodenbewohnenden Wurzelbranderreger von Vorteil sein kann. Nach den Beobachtungen von v. Richthofen[4]) kann man auch dem Auftreten des Rübenschorfs durch Entwässerung wirksam begegnen. Noack[5]) meint, daß man auf tiefliegenden Feldern durch geeignete Dränage Schädigungen durch *Claviceps purpurea* vermeiden könne. Jones und Drechsler[6]) glauben, daß Dränage oder in Bewässerungsdistrikten verminderte Bewässerung im Frühjahr den Befall der Luzerne durch *Urophlyctis alfalfae Magn.* vermindern wird. Auch zur Verhütung des Auftretens von *Gloeosporium Lindemuthianum* sehen Schaffnit und Böning[7]) alle Maßnahmen als geeignet an, die ein rasches Versickern des Wassers ermöglichen, unter denen sie auch Dränage von bindigen Böden und Stellen innerhalb des Feldes nennen. Das Gleiche gilt für Erkrankungen des Tabaks auf dem Felde. Böning[8]) rät in diesem Zusammenhang auch zum Ausfüllen von Bodensenken. Im Obstbau wird namentlich das Auftreten des *Nectria*-Krebses auf nassen kalten Böden begünstigt und dementsprechend Entwässerung gefordert[9]). „Trockenlegung“ entzieht schließlich nach den Angaben von Hollrung[10]) Drahtwürmern und Wiesenschnaken sowie *Ophiobolus graminis*, *Sclerotinia trifoliorum* und *Rhizoctonia violacea* die erforderlichen Daseinsbedingungen, wobei Hollrung als Mittel zur „Bodenentfeuchtung“ neben Dränage, Anlage von Abzugsgräben und Anbau von Gehölzen mit starkem Feuchtigkeitsverbrauch auch Walzen und Eggen anführt, Maßnahmen also, auf die noch bei Besprechung der Bodenbearbeitung einzugehen sein wird. Gleichzeitig macht er aber auch den wichtigen Hinweis, daß die Bodenverbesserung unter Umständen auch das Aufkommen anderer Kulturfeinde begünstigen kann. So ist Escherich[11]) zu der Überzeugung gelangt, daß die Trockenlegung ein sehr wesentlicher Faktor in dem Ursachenkomplex der Übervermehrung des Maikäfers ist. Feuchte Reviere haben nach seinen Beobachtungen kaum unter dem Schädling zu leiden.

Das Für und Wider ist in jedem Fall also sorgfältig abzuwägen, wobei natürlich auch die Kostenfrage wesentlich mitsprechen wird. Die hygienische Bedeutung der Bodenverbesserung kann dadurch freilich in keiner Weise beeinträchtigt

---

[1]) Gassner, G., Pflanzenkrankheiten. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1930, S. 462.

[2]) Pichler, F., Der Schneeschimmel. Ursachen und Abwehr seines Auftretens. Fortschr. d. Landw. **8**, 1933, 153.

[3]) Peters, L., Der Wurzelbrand der Rüben. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 44, 1926.

[4]) Richthofen, v., Rübenschorf. Ill. Landw. Ztg. **48**, 1928, 129.

[5]) Noack, M., Dieses Handbuch Bd. 2. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 583.

[6]) Jones, F. R. und Drechsler, Ch., Crownwart of alfalfa caused by Urophlyctis alfalfae. Journ. Agric. Res. **20**, 1920, 319.

[7]) Schaffnit, E. und Böning, K., Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen. Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankh. u. d. Immunität i. Pflanzenreich. I. Mitt. 1925, 180.

[8]) Böning, K., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Krankheiten des Tabaks. Arb. Bayer. Landesanst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. Heft 8, 1929, 30.

[9]) Dieses Handbuch Bd. 2. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 558.

[10]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 57.

[11]) Escherich, K., Die Maikäferbekämpfung im Bienwald (Rheinpfalz) — ein Musterbeispiel technischer Schädlingsbekämpfung. Ztschr. f. angew. Entomol. **3**, 1916, 134.

werden. „Meliorationen und kulturtechnische Arbeiten bilden die Grundlage, auf welcher rationelle Bodenbearbeitung und Düngung überhaupt erst vollen Erfolg bringt.“[1])

### 3. Bodenbearbeitung

Als Endziel aller Bodenbearbeitung bezeichnet Roemer[2]) Herstellung und Erhaltung der Bodengare. Unter dieser versteht v. Rümker[1]) in Anlehnung an Droop[3]) den Zustand des Bodens, in welchem die Zugänglichkeit für Atmosphärilien infolge guter Durchlüftung am vollkommensten und die Bakterientätigkeit bei Gegenwart vergärungsfähiger organischer Substanzen am lebhaftesten ist. Ein garer Acker befindet sich also, wie Löhnis[4]) es ausdrückt, in dem günstigsten chemischen, physikalischen und biologischen Zustand, den er seiner Natur nach überhaupt erreichen kann. Dieser Idealzustand der vollen Gare tritt selten ein, meist wird nur eine mehr oder weniger von dem Ideal entfernte Teilgare erzielt. In diesem Zustand verharrt der Boden auch nicht, sondern er hat immer die Neigung, in den Zustand des Naturbodens zurückzukehren, ein Vorgang, dessen Schnelligkeit von den verschiedensten Faktoren abhängt. Deshalb muß die Bodenbearbeitung auch eine ständig wiederkehrende Maßnahme sein.

Schon v. Rosenberg-Lipinski[5]) hat darauf hingewiesen, daß ohne Eintritt der normalen Gare sich nie ein gedeihliches Pflanzenleben entwickelt. Je mehr sich deshalb der Boden von diesem Zustand entfernt, um so leichter und um so stärker werden sich bei den Pflanzen Entwicklungsstörungen bemerkbar machen, die schließlich die Schwelle des Krankhaften im Sinne der Definition von Klebahn überschreiten werden, so daß es zu den mannigfaltigsten, durch ungünstige Bodenverhältnisse verursachten Erkrankungen kommt. Derartige Schwächungen der Pflanzen machen sie aber außerdem — nach der Lehre von der abnormen Prädisposition — dem Parasitenbefall gegenüber anfälliger, so daß wir auch umgekehrt mit Löhnis[4]) sagen können, daß die auf einem garen Boden angebauten Pflanzen durch die ihnen dort gebotenen günstigsten Wachstumsbedingungen zugleich widerstandsfähiger gegen Krankheiten und Schädlinge werden.

Der Bodenbearbeitung kommt demnach ein hoher hygienischer Wert zu. Diese Bedeutung war, wie früher angedeutet wurde, mit der Vernachlässigung, welche die Bodenbearbeitung lange Zeit erfahren hatte, stark in Vergessenheit geraten. An warnenden Mahnungen hat es nie gefehlt.

So wies v. Rümker[1]) um die Jahrhundertwende darauf hin, daß die reichlichste Düngung die Fehler der Bearbeitung des Bodens niemals vollständig ersetze. Durch die Schaffung des Begriffes der Bodenhygiene hat dann Hiltner[6]) auf die enge Beziehung zwischen Pflanzen-

---

[1]) Rümker, K. v., Der Boden und seine Bearbeitung. 7. Aufl. Berlin 1919, S. 37, 36.

[2]) Roemer, Th., Bodenbearbeitung. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 221.

[3]) Droop, H., Die Brache in der modernen Landwirtschaft. Heidelberg 1900, S. 174.

[4]) Löhnis, F., Bodenbakterien und Bodenfruchtbarkeit. Berlin 1914, 55.

[5]) Rosenberg-Lipinski, A. v., Der praktische Ackerbau. Bd. 1. 6. Aufl. Breslau 1879, S. 296.

[6]) Hiltner, L., Über den Einfluß der Ernährung und der Witterung auf das Auftreten pilzlicher und tierischer Schädlinge. Jahrb. Deutsche Landw. Ges. 27, 1912, 167.

schutz und Bodenbearbeitung aufmerksam gemacht. Und schließlich hat Mitscherlich[1]) 1913 klar zum Ausdruck gebracht, daß der Bodenbearbeitung noch eine weitere Aufgabe zukomme, deren Bedeutung immer mehr zunehmen werde, je höher und intensiver unsere Bodenkultur werde, nämlich die der Vernichtung der Pflanzenschädlinge, seien diese nun tierischer oder pflanzlicher Art.

Heute wird gründliche Bodenbearbeitung in vielen Fällen als wertvolle Maßnahme zum Schutz der Pflanzen gegen Erkrankung bezeichnet.

So betont Schander[2]) für den Kartoffelbau: „Alle Maßnahmen der Bodenverbesserung, Bodenbearbeitung und Düngung, die das Wachstum der Kartoffel begünstigen, sind Mittel der Gesunderhaltung der Bestände und umgekehrt. Im Verein mit einer nicht zu großen Pflanzweite bedingen sie aber auch die Gesunderhaltung einer Zucht, sie wirken auslesend zugunsten der kräftigen gesunden und widerstandsfähigen Stauden." Ähnlich bezeichnet Roemer[3]) bei Besprechung einer ganzen Reihe von Zuckerrübenkrankheiten als das beste und meist auch das einzige Mittel die bestmögliche Kultur, um die Rüben widerstandsfähig zu machen und das Wachstum zu fördern, damit sie die Schäden rasch überwinden. Bier[4]) führt das Nichtauftreten von *Plasmodiophora brassicae* auf den Erfurter Blumenkohlfeldern trotz jährlich zweimaligem Anbau während vieler Jahre auf die häufige und gründliche Bodenbearbeitung zurück.

Es würde zu weit führen, hier im einzelnen alle Erkrankungen aufzuführen, zu deren Verhütung allgemein gründliche Bodenbearbeitung empfohlen wird. Diese setzt sich nun bekanntlich aus einer ganzen Reihe von Maßnahmen zusammen. Wenn diese auch in ihrer Gesamtheit das obengenannte Ziel anstreben, so kann doch im einzelnen der Zweck sehr verschiedenartig sein. Mit Recht mahnt v. Rümker[5]), sich bei jeder Verrichtung vorher darüber klar zu werden, zu welchem Zweck sie überhaupt und gerade jetzt stattfindet und was für Folgen sie haben muß und wird. Das gilt im besonderen auch, wenn wir die Bodenbearbeitung in den Dienst der Pflanzenhygiene stellen wollen. Es muß an dieser Stelle natürlich davon abgesehen werden, Richtlinien für die Erzielung der Gare zu geben; das ist Aufgabe der Ackerbaulehre. Ein möglichst garer Acker muß hier als grundlegende und unerläßliche Voraussetzung für die Gewinnung gesunder Pflanzenbestände angesehen werden. In eine Besprechung der Einzelmaßnahmen der Bodenbearbeitung ist dann nur insoweit einzutreten, als sie geeignet sind, darüber hinaus krankheitsverhütend zu wirken. Dabei ist es am besten, chronologisch vorzugehen, indem zunächst diejenigen Maßnahmen erörtert werden, welche vor der Saat durchzuführen sind, und daran die nach der Saat durchzuführenden sich anschließen.

Die Bodenbearbeitung vor der Saat beginnt mit einem mehr oder minder tiefen Pflügen des Bodens nach der Ernte. Von besonderer Bedeutung ist bekanntlich das sofortige flache Wenden nach der Getreideernte, das sogenannte Schälen oder Stoppelstürzen. Es dient in erster Linie der Beeinflussung des Wasserhaus-

---

[1]) Mitscherlich, E. A., Steigerung der Pflanzenerträge unter dem Einflusse der Vegetationsfaktoren und der Bodenbearbeitung. Landw. Hefte Nr. 24. Berlin 1930, S. 30.

[2]) Schander, R., Einfluß der Bodenbearbeitung und Düngung auf den Ertrag und den Gesundheitszustand der Kartoffeln. Landw. Zentralbl. f. d. Prov. Posen **45**, 1917, 234—238.

[3]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaus. Berlin 1927, S. 310.

[4]) Bier, A., Schädlingsbekämpfung durch Bodenpflege. Erf. Führer i. Obst- u. Gartenbau **21**, 1920, 197.

[5]) Rümker, K. v., Der Boden und seine Bearbeitung. 7. Aufl. Berlin 1919, S. 38.

halts durch Verringerung der Verdunstung und Erhöhung der Wasseraufnahmefähigkeit.

Auf die ausschlaggebende Bedeutung des Schälens und Pflügens im Herbst gerade in diesem Zusammenhang hat Rademacher[1]) bei Besprechung der Maßnahmen zur Verhütung des Auftretens der Flissigkeit des Hafers und der Heidemoorkrankheit hingewiesen. Savulescu[2]) kommt auf Grund von umfangreichen Beobachtungen über den Rostbefall des Weizens in Rumänien zu dem Ergebnis, daß gute Bodenbearbeitung im Herbst, welche in dieser trockenen Zeit des rumänischen Klimas eine größere Wasseraufnahme sicherstellt, die Infektion durch Braun- und Gelbrost im Herbst und im nächsten Jahr vermindert, indem sie die Bestockung begünstigt.

Weiter trägt das Schälen in hervorragender Weise zur Vertilgung des Unkrautes bei und erfüllt auch damit eine wichtige pflanzenhygienische Aufgabe, auf die später noch zurückzukommen sein wird. Vom Standpunkt der Pflanzenhygiene kann jegliches Pflügen nach der Ernte vor allem aber auch dann von großem Wert werden, wenn die vorangegangene Frucht von Schädlingen stärker befallen war. Durch mehr oder minder tiefes Umpflügen gelingt es, manche von diesen zu vernichten. Streng genommen handelt es sich also ebenso wie bei der Getreidebeizung um eine Bekämpfungsmaßnahme, die aber wegen ihrer vorbeugenden Wirkung und um die Geschlossenheit der Darstellung der hygienischen Kulturmaßnahmen zu wahren, hier behandelt sei.

Die Zahl von Schädlingen, deren Auftreten man durch das Pflügen des Bodens nach der Ernte wirksam vorbeugen können soll, ist sehr groß. Dabei soll das Pflügen den verschiedensten Zwecken dienen.

Hollrung[3]) unterscheidet das Unterpflügen, bei dem die Schädlinge mit so viel Erdreich bedeckt werden, daß „sie dadurch als unschädlich gemacht gelten können", das Vergällen der Eiablagestätten durch sofortiges Einpflügen des auf das Feld gebrachten Stallmistes sowie wasserreicher Ernterückstände, die Ausschaltung der für die Entwicklung notwendigen Witterungseinflüsse durch tiefes Einbringen in den Boden und die Beseitigung des Bodenschutzes durch Heraufbringen an die Bodenoberfläche. Für jeden dieser vier Fälle führt Hollrung eine Anzahl von Beispielen an. Eine Zusammenstellung der auf der Getreidestoppel in Betracht kommenden Schädlinge hat Baudys[4]) gegeben. Schädlinge von Zuckerrüben, Raps, Erbsen, Bohnen und Möhren, gegen die man durch Umpflügen erfolgreich vorgehen können soll, nennt Hiltner[5]). Schließlich ist auch das Umgraben der Baumscheiben hier zu nennen, das der Vernichtung mancher Schädlinge dienen soll.

Ob und wieweit freilich mit dem Umpflügen in jedem Fall wirklich ein sicherer Erfolg zu erzielen ist, muß noch dahingestellt bleiben, da exakte Untersuchungen zu dieser Frage bisher kaum vorliegen.

Baudys[4]) glaubt, daß der Luftzutritt zum Boden, wie er durch das Stoppelschälen erreicht wird, pathogene Mikroorganismen zum Absterben bringt, die sich bei Luftmangel

---

[1]) Rademacher, B., Die Flissigkeit (Weißährigkeit) des Hafers. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 124, 1935. Die Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit). Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 137, 1935.

[2]) Savulescu, T., Die Beeinflussung der spezifischen Widerstandsfähigkeit und Empfindlichkeit des Weizens gegen Rost durch die Wirkung der äußeren Faktoren. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz. **44**, 1934, 307.

[3]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 49, 52, 57, 58.,

[4]) Baudys, E., Die Bedeutung des Stoppelsturzes vom phytopathologischen Gesichtspunkt. Ceskoslowensky zemedelec **8**, 1927, 453 (Ref. Fortschr. d. Landw. **3**, 1928, 799).

[5]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926.

üppig entwickelten. Ein schlüssiger Beweis hierfür ist aber bisher in keiner Weise erbracht. Nach Untersuchungen von Lundegardh[1]) ist allerdings vielleicht damit zu rechnen, daß Kohlensäureanreicherung im Boden die Entwicklung von Fusarium begünstigt. Andererseits wird aber auch von anderer Seite vermutet, daß Sauerstoffzufuhr auf Parasiten wie *Rhizoctonia solani* entwicklungsfördernd wirkt.[2]) Diese Zusammenhänge bedürfen also zum mindesten vorerst noch weiterer Klärung.

Dazu kommt, daß bei tierischen Parasiten die Dinge wieder ganz anders liegen können. Hier hat Molz[3]) den Versuch gemacht, die in der Praxis schon lange bekannte Erfahrung, daß flaches Pflügen den Befall der Rüben durch *Heterodera Schachtii* mindert, auf experimenteller Grundlage zu erklären. Er konnte einwandfrei feststellen, daß Lagerung der Zysten in einem luftarmen Medium die Zahl der schlüpfenden Larven vermindert, während ein lufthaltiges Medium das Gegenteil bewirkt. Da nun tiefes Pflügen den Luftgehalt der tieferen Bodenschichten erhöht, ist es verständlich, daß die Zahl der aus den dort lagernden Zysten ausschlüpfenden Nematoden erhöht und somit der Befall der Rüben vermehrt wird.

Von diesem Sonderfall abgesehen, verdienen besondere Beachtung die Ausführungen Bremers[4]) auf Grund von Untersuchungen an der Rübenfliege.

Auch bei diesem Schädling wird tiefes Umpflügen der von ihm befallenen Schläge nach der Ernte empfohlen, um durch Vernichtung der im Erdboden befindlichen Puppen seinem Auftreten im nächsten Jahr vorzubeugen. Bremer hat nun je 100 Puppen von *Pegomya hyoscyami* etwa 2 cm, 31 cm und 42 cm tief in die Erde eingebracht. Die nachfolgende Untersuchung hatte folgendes Ergebnis:

| | 2 cm | 31 cm | 42 cm |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| tot . . . . . . . . . . | 44,9 | 45,6 | 48 |
| geschlüpft . . . . . . | 50,7 | 24,6 | 14 |
| nicht weiterentwickelt | 4,3 | 29,0 | 38 |

Daraus folgert Bremer, daß tiefe Unterbringung der Puppen den vorhandenen Fliegenbestand nicht vernichtet; im Gegenteil, unter Umständen könne erreicht werden, daß ein Winter, der für die in normaler Tiefe liegenden Puppen ungünstig ist, von den tiefer untergebrachten im Zustande der Entwicklungshemmung gut überstanden wird und der Schädlingsbestand so lange am Leben erhalten bleibt, bis die nächste Pflugfurche ihn wieder zur Tätigkeit erweckt. Bremer hält es aber auch für unwahrscheinlich, daß man durch Pflügen den größeren Teil der Schädlinge in eine gewünschte Tiefe verbringen kann, vielmehr glaubt er, daß eine ziemlich gleichmäßige Verteilung innerhalb der vom Pfluge bewegten Erdschicht eintritt. Er sieht es deshalb vom Standpunkt des Pflanzenschutzes als zwecklos an, von Rübenfliegen befallene Felder nach der Ernte tief umzupflügen, während vom ackerbautechnischen Standpunkt aus dieser Maßnahme erhebliche Bedenken entgegenständen.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen sind auch Crüger und Körting[5]) bei ihren Untersuchungen über *Hylemyia coarctata* gekommen. Sie haben Eier dieses Insekts in verschiedene Bodentiefen vergraben und festgestellt, daß anscheinend aus einer Tiefe von etwa 20 cm nur noch verhältnismäßig wenig Larven aufsteigen können. Tiefes Unterpflügen der Eier halten sie danach für vielleicht wirksam, geben aber zu bedenken, daß durch diese Maßnahme kurz vor der Saat die Gare und die für Roggen wichtige Dichtigkeit des Bodens geschädigt werden könnte, so daß sie nicht immer durchführbar sein würde.

[1]) Lundegardh, H., Die Bedeutung des Kohlensäuregehalts und der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens für die Entstehung der Fusarien. Botanisker Notiser 1923, 25—52.

[2]) Braun, H., Der Wurzeltöter der Kartoffel. Berlin 1930, S. 111.

[3]) Molz, E., Reizphysiologische Versuche zur Bekämpfung des Rübennematoden *(Heterodera Schachtii)*. Fortschr. d. Landw. 3, 1928, 346.

[4]) Bremer, H., Ist tiefes Umpflügen der Äcker zur Vernichtung von Feldschädlingen anzuraten? Nachrichtenblatt f. d. deutsch. Pflanzenschutzdienst 5, 1925, 91—92.

[5]) Crüger, O. und Körting, A., Über die Eiablage der Getreideblumenfliege und die unmittelbare Voraussage ihres Schadauftretens. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 41, 1931, 49—61.

Bremer glaubt, daß man durch tiefes Umwenden des Bodens vielleicht tätige Insekten, kaum aber ihre Ruhezustände wird vernichten können. Deshalb fordert er, daß in jedem einzelnen Fall genau geprüft wird, ob wirklich mit der erhofften Wirkung des Tiefpflügens zu rechnen ist. Das gilt sinngemäß auch für die anderen mit dem Pflügen nach der Ernte verfolgten Zwecke.

Zu den Maßnahmen zur Vergällung der Eiablage ist auch das Vorgehen gegen *Hylemyia coarctata* zu rechnen. Die Fliegen suchen nach Rostrup-Thomsen[1]) zur Eiablage in erster Linie das nächstgelegene Brachfeld auf, besonders Stellen, wo der Boden locker und frisch bearbeitet ist. Deshalb birgt eine frühzeitige Bodenbearbeitung die eigentliche Gefahr. Sie kann nach Jegens'[2]) Ansicht bis zu einem gewissen Grade durch Walzen im Anschluß an das Pflügen behoben werden. Rostrup und Thomsen empfehlen als rationellste Maßnahme, den Boden auf den Feldern, welche zur Aussaat von Wintergetreide bestimmt sind, in der Zeit vom 20. Juli bis Ende August nicht offen liegen zu lassen. Dabei wird je nach der klimatischen Lage ein früherer oder späterer Termin anzunehmen sein. Sie geben auch eine ganze Reihe von Ratschlägen, wie dies zu erreichen ist. Auch die Behandlungsweise des Brachschlages gibt mancherlei Möglichkeiten. Man soll ihn während der Zeit, in welcher die Eiablage hauptsächlich stattfindet, unberührt liegen lassen.

Auch die Fritfliege wollen diese beiden Autoren durch schnelles Schälen nach der Ernte an der Eiablage an den aus Ausfallkörnern oder Seitensprossen hervorgegangenen Pflanzen hindern. Im Gegensatz zu ihnen treten freilich Blunck und Ludewig[3]) für möglichst frühzeitiges Schälen der Stoppel deshalb ein, damit die ausgefallenen Körner schnell auflaufen und der Fritfliege zur Eiablage dienen können, um spätestens 14 Tage nach dem Auflaufen als Fangpflanzen tief eingepflügt zu werden. Hier bedarf es also im einzelnen noch der Klarstellung mancher Zusammenhänge.

Unbeschadet dieser Einschränkung kann an dem Wert und der Notwendigkeit des Schälens kein Zweifel bestehen, da es schon vom ackerbautechnischen Standpunkt als eine der wichtigsten Maßnahmen anzusehen ist. Roemer[4]) bezeichnet ihre Anwendung geradezu als Gradmesser für den Stand der Ackerbearbeitung. Daß sie darüber hinaus auch für die Vernichtung manches Schädlings gute Dienste leistet, muß nach den zahlreichen günstigen Erfahrungen als gesichert angenommen werden. Anders liegen die Dinge hinsichtlich des Tiefpflügens, dessen schädlingsvernichtende Wirkung keineswegs einwandfrei erwiesen ist und das ackerbautechnisch gefahrvoll werden kann.

Daß es in besonderen Fällen eine außerordentlich wertvolle Maßnahme zur Verhütung des Auftretens von Schädigungen sein kann, beweisen die Versuche von Schmidt und Feistritzer[5]) über die Fußkrankheit des Getreides, die durch sofortiges Unterpflügen der Stoppel auf 34 cm der Nachfrucht nachhaltigen Schutz gewähren konnten. Mit Recht weist aber Blunck[6]) darauf hin, daß man sich ein solches Vorgehen wohl auf unsern tiefgründigen Lößböden und auch sonst in besten Lagen leisten könne, daß es aber viel häufiger selbst auf weizenfähigem Land infolge Hochbringens von rohem Boden zu katastrophalen Folgen führen würde.

---

[1]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaus. Berlin 1931, S. 310, 313; 285.

[2]) Jegens, G., Dieses Handbuch Bd. 5. 4. Aufl. Berlin 1932, S. 43.

[3]) Blunck, H. und Ludewig, K., Die Fritfliege. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 9, 1930.

[4]) Roemer, Th., Bodenbearbeitung. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 229.

[5]) Schmidt, E. W. und Feistritzer, W., Beiträge zur Fußkrankheit des Getreides und ihrer Bekämpfung. Wiss. Arch. f. Pflanzenbau **8**, 1932, 425—426.

[6]) Blunck, H., Die Umstellung im Getreidebau und die Pflanzenkrankheiten. 2. Die Fußkrankheiten des Getreides. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **48**, 1933, 288.

In normaler Tiefe dagegen sieht Hiltner[1]) in dem Pflügen der Felder vor Winter und nicht erst im Frühjahr eine der wichtigsten pflanzenschutzlichen Maßnahmen, weil die Pflanzen auf Äckern, die in dieser Weise behandelt sind, im nachfolgenden Jahr besser gedeihen und dadurch widerstandsfähiger gegen Befall werden. Hier decken sich also Ackerbautechnik und Pflanzenhygiene in ihren Forderungen vollkommen. Denn auch vom Standpunkt der ersteren gilt als oberstes Gesetz: Das Pflügen des Landes muß vor Eintreten des dauernden Frostes beendet sein.[2])

Im Frühjahr darf also normalerweise die Pflugarbeit keine Rolle mehr spielen, es sei denn, daß Umpflügen von ausgewinterten und durch Schädlinge stark befallenen Wintersaaten erforderlich wird, wie es z. B. bei Befall durch *Oscinis frit* und *Hylemyia coarctata* der Fall ist. Gaßner[3]) führt diese beiden Schädlinge als Beleg dafür an, in wie hohem Maße die Art der Bodenbearbeitung durch die Anforderung des Pflanzenschutzes bestimmt werden könne.

Er meint, Wintersaaten, die wegen Befalls durch die Fritfliege im Frühjahr neu bestellt werden müßten, seien möglichst tief umzupflügen, da bei oberflächlichem Schälen die an den Pflanzenresten vorhandenen Puppen am Leben blieben, so daß sich die daraus hervorgehenden Fliegen durch den Erdboden hindurch arbeiten und die mit Sommerung bestellten Felder wieder befallen könnten. Umgekehrt genüge es, von der Getreideblumenfliege befallene Schläge nur flach zu schälen, da sich die jugendlichen Larven nach der Vernichtung der Nährpflanze nicht weiter entwickeln könnten und ohne weiteres zugrunde gingen. Im Gegensatz dazu berichten Rostrup und Thomsen[4]), daß nur die älteren, fast verpuppungsreifen Larven Nahrungsentzug nicht lange vertragen, junge dagegen, von Anfang März bis zum Aufgang der Saat im Boden umherkriechen können. Sie berichten weiter, man könne die Larvenentwicklung dadurch verzögern, daß man die Eier mit dem Pfluge tiefer in die Erde hineinbringe. In Übereinstimmung damit befürwortet Jegens[5]) auch bei Befall durch die Getreideblumenfliege tiefes Unterpflügen.

Die von Bremer[6]) geäußerten Bedenken hinsichtlich der Wirkung des tiefen Unterpflügens dürften deshalb grundsätzlich zunächst auch im Frühjahr ihre Berechtigung haben, wenn auch insofern ein Unterschied besteht, als im Frühjahr schon viel gewonnen sein kann, wenn durch das Unterpflügen nur eine Verzögerung im Entwicklungskreislauf des Parasiten erreicht wird.

Die pflanzenhygienische Aufgabe der übrigen vor der Bestellung noch durchzuführenden Arbeiten wie Schleppen, Walzen, Eggen, Grubbern beruht in erster Linie darauf, einmal für die Pflanzen ein möglichst vollkommenes Saatbett herzustellen und dadurch ihre gesunde Entwicklung zu gewährleisten und zum andern die Fertigstellung dieses Saatbettes möglichst zu beschleunigen, da frühzeitige Aussaat, wie später zu zeigen sein wird, von großer Bedeutung sein kann, um die Pflanze vor Erkrankung zu schützen.

---

[1]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 276.

[2]) Roemer, Th., Bodenbearbeitung. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 229.

[3]) Gassner, G., Pflanzenkrankheiten. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 461.

[4]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaus. Berlin 1931, S. 311.

[5]) Jegens, G., Dieses Handbuch Bd. 5. 4. Aufl. Berlin 1932, S. 43.

[6]) Bremer, H., Ist tiefes Umpflügen der Äcker zur Vernichtung von Feldschädlingen anzuraten? Nachrichtenbl. f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst 5, 1925, 91—92.

Als Hauptaufgaben der Bodenbearbeitung nach der Saat bezeichnet Roemer[1]) Brechung der sich immer wieder bildenden Kruste, Verminderung der unproduktiven Wasserverdunstung, Förderung der Bodenatmung und Vernichtung des Unkrauts. Wie das im einzelnen zu geschehen hat, ist hier nicht zu erörtern. Wichtig aber ist, daß die Erfüllung dieser Aufgaben gleichzeitig auch pflanzenhygienisch von großem Wert ist, da sie in jeder Weise geeignet ist, die Entwicklung der Pflanzen zu begünstigen und so dem Zustand der anormalen Prädisposition vorzubeugen. Für die Verminderung der unproduktiven Wasserverdunstung ist das besonders einleuchtend.

Es braucht nur an die ökologisch bedingte Weißährigkeit der Gräser erinnert zu werden, zu deren Verhütung Schwarz und Tomaszewski[2]) Hackkultur empfehlen. Auch gegen die Herz- und Trockenfäule der Rüben bezeichnet Roemer[3]) als zweckmäßigste Vorbeugungsmaßnahme die Besserung des Wasserhaushalts.

Aber auch für die anderen Aufgaben trifft es zu. Es wurde früher bei Besprechung der Bodenverbesserung auf die hygienische Bedeutung der Bodendurchlüftung hingewiesen. Der Luftaustausch zwischen Boden und Atmosphäre wird aber gerade durch Verkrustung des ersteren stark beeinträchtigt. Krustenbildung ist, wie v. Rümker[4]) meint, für den normalen Aufgang der Saat unter Umständen ein unüberwindliches Hindernis, aber auch für die Weiterentwicklung ein sehr bedenkliches Hemmnis, weil sie den Eintritt der Luft in den Boden hindert und dadurch die Wurzelatmung beeinträchtigt. Allerdings dürfte es an exakten Unterlagen für diese Wirkung der Bodenverkrustung noch fehlen.

Besonders gefährlich aber wird die Bodenverkrustung dann, wenn die Pflanze im Jugendstadium durch den Angriff von Parasiten bedroht ist. Dann kommt alles darauf an, den Auflauf auf jede Weise zu beschleunigen.

Deshalb tritt Appel[5]) für Bodenlockerung ein, um dem Befall des Getreides durch Fusarium zu begegnen. Schädigungen der Kartoffel durch *Rhizoctonia solani* und *Bacillus phytophthorus* kann am wirksamsten, wenn überhaupt auf anderem Wege, durch ständige Lockerung von zur Verkrustung neigenden Böden vorgebeugt werden.[6]) Gegen den Wurzelbrand der Rüben empfiehlt Peters[7]) möglichste Abkürzung des allein gegen die Ansteckung empfindlichen jüngsten Entwicklungszustandes durch sofortiges Brechen der Kruste mit Hacke oder Walze.

In ähnlicher Weise kann Förderung der Entwicklung auch in vorgerückterem Stadium von Bedeutung sein, wobei dann auch noch andere mehr oder weniger zur Therapie zu rechnende und dort behandelte Gesichtspunkte maßgebend werden, vor allem das Bestreben, befallenen Pflanzen die Überwindung der

---

[1]) Roemer, Th., Bodenbearbeitung. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 260.

[2]) Schwarz, O. und Tomaszewski, W., Zur Ökologie und Phytopathologie des Grassaatbaus. Angew. Botanik **12**, 1930, 433.

[3]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaus. Berlin 1927, S. 297.

[4]) Rümker, K. v., Saat und Pflege. 5. Aufl. Berlin 1921, S. 59.

[5]) Appel, O., Fusarium als Erreger von Keimlingskrankheiten. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **13**, 1925, 297.

[6]) Braun, H., Der Wurzeltöter der Kartoffel. *Rhizoctonia solani*. Berlin 1930, S. 111. — Stapp, C., Die Schwarzbeinigkeit der Kartoffel. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 28, 1932.

[7]) Peters, L., Der Wurzelbrand der Rüben. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 44, 1926.

Krankheit zu erleichtern und Schädlinge zu vernichten, wie es z. B. mechanisch durch das Walzen geschieht.

Hier sei besonders auf die Hackarbeit in den Rübenschlägen hingewiesen. Blunck und Janisch[1]) meinen, durch Intensivierung der Hacktätigkeit und durch rechtzeitiges Walzen der Rübenschläge sowie verstärkte Kopfdüngergaben, durch Aufschieben des Verziehens der Rüben in ausgesprochenen Fraßherden und durch Niederhalten der Gänsefußunkräuter lasse sich der durch die Rübenaaskäfer verursachte Schaden eindämmen, wenn auch nicht bis zur wirtschaftlichen Bedeutungslosigkeit herabmindern. In der gleichen Richtung äußern sich Bremer und Kaufmann[2]) sowie Wille[3]) hinsichtlich der Rübenfliege bzw. der Rübenblattwanze. Sie betonen, daß der Niederhaltung des Rübenfliegenschadens grundsätzlich alle Maßnahmen dienen, die geeignet sind, die Rübe selbst in ihrem Wuchs zu fördern und zu kräftigen.

Andererseits können Kulturmaßnahmen auch nachteilige Folgen haben.

So machen Blunck und Ludewig[4]) darauf aufmerksam, daß Walzen des Hafers nach dem Auflaufen den Befall durch die Fritfliege begünstigt. Das gleiche scheine für Eggen und Hacken zu gelten, wenn dieses mit dem fritanfälligen Stadium zusammenfalle. Durch die Bearbeitung des Bodens werde die Pflanze zu kräftigerer Bestockung angeregt, aber anscheinend gleichzeitig im Wuchs vorübergehend gestört, die Dauer der Anfälligkeit also verlängert. Es empfehle sich daher, den Boden bei Fritgefahr während der Bestockungszeit der Pflanze nicht oder nur vorsichtig zu rühren.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Warnung Mitscherlichs[5]) vor der Anwendung der Behäufelungsmethode im Getreidebau bei Fritfliegengefahr, da dann die Bestockung erst später eintrete als gewöhnlich und zwar während der ersten Flugzeit.

In Obstplantagen darf nach Ansicht von Schramm[6]) der Boden in nassen Spätsommern nicht mehr gelockert werden, damit er weniger Wasser festhält und die Bäume infolgedessen eine bessere Holzreife gewinnen und gegen Frostschäden besser geschützt sind.

Daß schließlich auch die Unkrautvernichtung, vom hygienischen Standpunkt betrachtet, von Wichtigkeit ist, leuchtet ein, wenn man bedenkt, in wie hohem Maße das Unkraut eine normale Entwicklung der Kulturpflanzen zu beeinträchtigen[7]) und dadurch naturgemäß vermutlich auch zur Herabsetzung ihrer Widerstandsfähigkeit beizutragen vermag. Auf Einzelheiten einzugehen, würde in dem hier gezogenen Rahmen zu weit führen, um so mehr als die Frage der Unkrautbekämpfung noch an anderer Stelle bei den biologischen Bekämpfungsverfahren erörtert werden wird.

## 4. Düngung

Morstatt[8]) glaubt, daß die umfangreichste Betätigung der Pflanzenhygiene, soweit sie den Boden betrifft, auf dem Gebiet der Düngung liegt. Das mag

---

[1]) Blunck, H. und Janisch, R., Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Rübenaaskäfer im Jahre 1923. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **13**, 1925, 491.

[2]) Bremer, H. und Kaufmann, O., Die Rübenfliege. *Pegomyia hyoscyami*. Berlin 1931, S. 88.

[3]) Wille, J., Die Rübenblattwanze. *Piesma quadrata Fieb.* Berlin 1929, S. 103.

[4]) Blunck, H. und Ludewig, K., Die Fritfliege. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 9, 1930.

[5]) Mitscherlich, E. A., Steigerung der Pflanzenerträge unter dem Einfluß der Vegetationsfaktoren und der Bodenbearbeitung. Landw. Hefte Nr. 24. Berlin 1913, S. 30.

[6]) Schramm, E., Die Düngung als Mittel zur Gesunderhaltung erkrankter Kulturpflanzen. Deutsch. Erwerbsgartenbau **44**, 1924, 194—195.

[7]) Braun, H., Warum Unkrautbekämpfung? Mitt. f. d. Landwirtsch. **49**, 1934, 401—403.

[8]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 145.

insofern zutreffen, als in der Tat wohl über keine Frage, die irgendwie Berührungspunkte mit der Pflanzenhygiene aufweist, so viel geschrieben worden ist wie über die Möglichkeit, durch Düngung dem Auftreten von Pflanzenkrankheiten vorzubeugen. Daß diese in weitgehendem Maße gegeben ist, kann heute keinem Zweifel mehr unterliegen. Das ist ohne weiteres verständlich in denjenigen Fällen, in denen Krankheitserscheinungen auf den Mangel oder das Fehlen bestimmter Nährstoffe oder auf ungeeignete Bodenreaktion zurückgeführt werden können. Durch rechtzeitige Ergänzung der Nährstoffe und zweckentsprechende Verschiebung der Reaktion muß es gelingen, das Auftreten derartiger Erkrankungen zu verhindern. Wesentlich schwieriger aber liegen die Dinge, wenn es sich um den Einfluß der Ernährung auf die Anfälligkeit bzw. Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen namentlich gegenüber Parasiten handelt. Klebahn[1]) warnt 1912 davor, aus gelegentlichen Beobachtungen über scheinbare Beziehungen zwischen parasitären Krankheiten und der Düngung sowohl im ganzen wie der Wirkung der Bestandteile des Düngers im einzelnen Schlüsse zu ziehen, da man nicht übersähe, welche mannigfaltigen Verhältnisse auf das Resultat eingewirkt haben könnten.

Wenn z. B. mitgeteilt werde, daß reichlich mit Stickstoff gedüngte Ericapflanzen im Winter stark an Botrytis litten, während nichtgedüngte gesund blieben, so sei das zwar eine interessante Einzelbeobachtung, die geeignet wäre, zu genaueren Untersuchungen anzuregen, nicht aber eine solche, aus der man bereits folgern dürfe, daß reichliche Stickstoffdüngung den Pilzbefall fördere.

Noch 1927 kommen Rippel und Ludwig[2]) zu dem Ergebnis, eine Durchsicht der Literatur über den Einfluß der Ernährung auf das Auftreten von parasitären Pflanzenkrankheiten biete ein sehr unerfreuliches Bild, weil diese Frage noch niemals exakt experimentell in Angriff genommen sei; man finde deshalb auch die widersprechendsten Angaben. Mit Recht betont darum auch Molz[3]), man dürfe sich nicht verhehlen, daß sehr viele der Angaben über den Einfluß der Düngung auf den Schädlingsbefall der Pflanzen der Beweiskraft entbehrten und deshalb nur mit Vorbehalt aufzunehmen seien. Merkenschlager[4]) meint geradezu, die Aufzeigung der Irrwege und Fehlmethoden einer vergangenen wissenschaftlichen Periode sei auf dem Gebiet der Pflanzenernährung besonders wichtig und nützlich. Dadurch, daß seit vielen Jahrzehnten Irrtümer durch die landwirtschaftliche Literatur geschleppt würden, sei die pflanzliche Diagnostik in hohem Grade unsicher geworden. Die früher zitierte Klage von Frank[5]) hat sicherlich gerade für die hier zu erörternden Fragen ihre besondere Berechtigung.

---

[1]) Klebahn, H., Grundzüge der allgemeinen Phytopathologie. Berlin 1912, S. 96.

[2]) Rippel, A. und Ludwig, O., Über den Einfluß des Ernährungszustandes der Gerste auf den Befall durch *Pleospora trichostoma Wint.* (Streifenkrankheit). Angew. Botanik **9**, 1927, 555.

[3]) Molz, E., Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzücht. **5**, 1917, 175.

[4]) Merkenschlager, F., Phosphorsäurefragen in der Pflanzenpathologie. Phosphorsäure **2**, 1932, 1.

[5]) Frank, A. B., vgl. S. 31.

Der Einfluß der Düngung auf den Schädlingsbefall kann sich in sehr verschiedener Weise auswirken. Gaßner[1]) unterscheidet zunächst einmal zwischen direkter und indirekter Einwirkung äußerer Faktoren auf das Auftreten von parasitären Krankheiten, je nachdem ob es sich um eine Beeinflussung der Entwicklung des Parasiten oder um eine solche der Pflanze handelt. Weiterhin nimmt Gaßner eine Trennung zwischen „wirklicher" und „scheinbarer" Änderung der Anfälligkeit vor. Wenn eine Pflanze in verschiedenen Entwicklungsstadien unterschiedliche Anfälligkeit zeigt, so kann auf eine durch die Düngung verursachte wirkliche Änderung der Anfälligkeit nur geschlossen werden, wenn gleiche Entwicklungsstadien miteinander verglichen werden. Hat die Düngung dagegen lediglich eine Verschiebung im Entwicklungsablauf der Wirtspflanze und dadurch bedingten stärkeren Befall zur Folge, so handelt es sich nur um scheinbare Anfälligkeitsänderung. Die Verhältnisse können weiter durch biologische Rassenbildung des Parasiten kompliziert werden.

Die Frage, ob eine wirkliche Änderung der Anfälligkeit durch die Düngung bewirkt wird, ist lange Zeit umstritten gewesen.

Gassner und Hassebrauk[2]) haben darauf hingewiesen, daß Feldversuche für ihre Klärung wenig geeignet sind. Sie äußern dies Bedenken zwar nur für die von ihnen näher untersuchte Änderung der Rostanfälligkeit durch die Düngung und begründen es mit den niemals ganz gleichmäßig zu gestaltenden Infektionsverhältnissen, mit der Möglichkeit des Auftretens verschiedener Biotypen und mit wahrscheinlichen Unterschieden in der Entwicklung der Getreidepflanzen. Diese Einwände dürften aber mehr oder minder für alle Versuche über den Einfluß der Düngung auf die Anfälligkeit der Pflanze zutreffen, so daß die von Gassner und Hassebrauk ausgesprochenen Zweifel an der Brauchbarkeit von Feldversuchen für diese Fragestellung allgemeine Gültigkeit haben dürften. Um solche hat es sich aber bisher fast ausschließlich gehandelt. Erst Schaffnit und Volk[3]), Rippel und Ludwig[4]) und vor allem Gassner und Hassebrauk[2]) haben mit exakten Laboratoriumsversuchen begonnen. Der wesentliche Fortschritt der beiden letzteren Autoren besteht darin, daß sie durch Verwendung junger Pflanzen auch für Gleichheit der Entwicklungsstadien Sorge getragen haben. Für den Ausfall der Versuche ist weiter die Auswahl der richtigen Versuchspflanzen von entscheidender Bedeutung. Am geeignetsten sind Sorten mittlerer Anfälligkeit.

Bei solchen läßt sich, wie jetzt einwandfrei erwiesen ist, der Befall durch Düngegaben verhältnismäßig leicht und in beträchtlichem Ausmaß verschieben; „ihr Resistenzgrad ist offensichtlich von einer gewissen Labilität".[2])

Wodurch diese Änderung der Anfälligkeit verursacht wird, ist noch nicht endgültig klargestellt.

---

[1]) Gassner, G., Untersuchungen über die Abhängigkeit des Auftretens der Getreideroste vom Entwicklungszustand der Nährpflanzen und von äußeren Faktoren. Zentralbl. f. Bakteriol. II, **44**, 1916, 513, 589.

[2]) Gassner, G. und Hassebrauk, K., Untersuchungen über Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 536, 542.

[3]) Schaffnit, E. und Volk, A., Über den Einfluß der Ernährung auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Parasiten. 1. Teil. Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankh. u. d. Immunität im Pflanzenreich Heft 3, 1928, 2. Teil, Phytopath. Ztschr. **1**, 1930, 535—574.

[4]) Rippel, A. und Ludwig, O., Über den Einfluß des Ernährungszustandes der Gerste auf den Befall durch *Pleospora trichostoma Wint.* (Streifenkrankheit). Angew. Botanik **9**, 1927, 541—560.

Petri[1]) spricht ganz allgemein von einer Wirkung der Mineralsalze auf die histologischen, chemischen und funktionellen Eigenschaften des pflanzlichen Organismus. Im einzelnen können wir auf die verschiedenen zur Erklärung aufgestellten Theorien hier nicht eingehen. Wichtig ist aber der Hinweis von Schaffnit und Volk[2]), es könne sich bei den mannigfaltigen Veränderungen, denen die Pflanze in morphologischer und physiologischer Hinsicht durch die Ernährung unterliege, immer nur um Teilerklärungen handeln; eine einheitliche Ursache für die Befallsunterschiede werde auch deshalb nicht vorliegen, weil die Anforderungen der verschiedenen Parasiten an den Wirt ganz verschiedene sind. Das zeigt, wie außerordentlich verwickelt die Beziehungen zwischen Anfälligkeit der Pflanzen und Düngung sind. Die Verhältnisse werden weiter dadurch kompliziert, daß wir es häufig nicht nur mit wirklichen Änderungen der Anfälligkeit zu tun haben, sondern daß in vielen Fällen lediglich die erwähnte scheinbare Änderung vorliegt.

Bei dieser Sachlage erscheint eine zum mindesten vorsichtige Bewertung der Ergebnisse von Feldversuchen nur zu gerechtfertigt. Auf der anderen Seite verdient die Warnung von Gaßner und Hassebrauk[3]) vor unberechtigten Schlußfolgerungen aus Laboratoriumsversuchen weitgehende Beachtung.

„Bei der Beurteilung von Untersuchungsergebnissen über die Beziehungen zwischen Düngung und Auftreten von Parasiten wird leicht übersehen, daß die Mineralsalzernährung nicht nur die Befallsstärke, sondern in erster Linie auch die Ertragshöhe der verschieden gedüngten Pflanzen beeinflußt. Wenn bei bestimmter Düngung das Rostauftreten gesteigert wird, so ist diese Erhöhung des Rostbefalls naturgemäß nur dann bedenklich, wenn sie nicht durch eine gleichzeitige Wachstumssteigerung ausgeglichen wird. Wir haben im obigen u. a. festgestellt, daß Stickstoffgaben das Rostauftreten steigern. Andererseits wird durch eine Stickstoffdüngung die Entwicklung der Pflanzen an sich verbessert. Bei der praktischen Beurteilung des Rostbefalles muß also nicht nur dieser, sondern vor allem auch die Ertragssteigerung als Folge der Stickstoffdüngung berücksichtigt werden. Wenn wir von extremen Fällen absehen, erscheint daher eine gewisse Erhöhung des Rostbefalles infolge der Stickstoffdüngung unbedenklich, weil sie durch das bessere Wachstum der stärker gedüngten Pflanzen zumindest ausgeglichen wird."

Gaßner und Hassebrauk betonen deshalb, daß für die praktische Beurteilung der Düngungsfrage ausschließlich Ertragsversuche zugrunde gelegt werden müssen und daß es nicht statthaft ist, aus einer Beeinflussung des Rostbildes durch die Düngung ohne weiteres Rückschlüsse auf die Art der anzuwendenden Düngung zu ziehen. Auch dieser Warnung darf allgemeine Gültigkeit zugebilligt werden.

Wenn hier somit kritische Prüfung der zahllosen Ratschläge für hygienische Düngung unserer Kulturpflanzen nachhaltig gefordert wird, so soll damit doch der Wert dieser Maßnahme in keiner Weise herabgesetzt werden. Er wird gekennzeichnet durch die Auffassung von Ludwigs[4]), welcher meint, es würde vermessen sein, wollte man behaupten, daß wir durch Anwendung von Mineraldünger sämtliche Krankheiten und Schädlinge mit einem Schlage beseitigen

---

[1]) Petri, L., La nutrizione della piante in rapporto alla predisposizione o alla resistenza di questa a cause patogene. Boll. R. Stas. Patol. Veget. **10**, 1930, 150.

[2]) Schaffnit, E. und Volk, A., Über den Einfluß der Ernährung auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Parasiten. 2. Teil. Phytopath. Ztschr. **1**, 1930, 570.

[3]) Gassner, G. und Hassebrauk, K., Untersuchungen über Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 611.

[4]) Ludwigs, K., Der Einfluß des Düngers bei der Schädlingsbekämpfung. Prakt. Ratg. im Obst- u. Gartenbau **44**, 1929, 79.

würden. Das eine aber stehe fest, daß wir durch sachgemäße Düngung unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der einzelnen Pflanzenarten und -sorten an Kali, Kalk, Phosphorsäure und auch an Stickstoff die Pflanzen widerstandsfähig gegen Krankheiten und Schädlinge erhalten könnten. Darüber hinaus sieht Merkenschlager[1]) es als eine überall geltende Regel an, daß eine harmonisch ernährte Pflanze erlittene Schäden leichter wieder wettmachen kann. Wie das im einzelnen zu geschehen hat, dafür lassen sich keine allgemein gültigen Angaben machen. Hiltner[2]) meint, es gehöre manchmal mehr gefühlsmäßiges Verständnis dazu, die richtigen Lebensbedingungen zu schaffen, als unsere auf oft recht mangelhaften Erkenntnissen fußende Erfahrung.

Daß für die Gewinnung gesunder Pflanzenbestände eine ihren Bedürfnissen entsprechende Ernährung eine selbstverständliche Voraussetzung bildet, bedarf kaum der Erwähnung. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß es zu mehr oder weniger schweren Entwicklungsstörungen kommen muß, wenn es an einem der entsprechenden Elemente fehlt oder ermangelt. Daß der Kreis der letzteren viel weiter zu ziehen ist, als nach der alten Auffassung von den zehn notwendigen Elementen angenommen wurde, hat neuerdings Bortels[3]) betont.

Er spricht die Vermutung aus, daß vielleicht sämtliche Elemente für irgendeinen biologischen Prozeß notwendig sind, und trennt dabei die Biokatalysatoren, d. h. die für die lebende Zelle unentbehrlichen Elemente mit enorm großem Wirkungsfaktor von den übrigen notwendigen Elementen. Bei diesen letzteren ist bekanntlich weniger ein absolutes Fehlen zu befürchten als ein relatives, ein nicht harmonisch abgestimmtes Nährstoffverhältnis. Besonders hingewiesen sei hier auch auf das von Hiltner[4]) aufgestellte „Kohlensäure-Mineralstoffgesetz", nach welchem zu große Mengen oder physiologisch nicht ausgeglichene Bodennährstoffe der Pflanze dann schädlich werden können, wenn diese nicht in der Lage ist, den aufgenommenen Mineralstoffen die nötigen Kohlenhydrate entgegenzustellen und sie damit aufzufangen.

Die für die verschiedenen Störungen charakteristischen Krankheitssymptome sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben. Treten sie auf, dann ist es für hygienische Maßnahmen zu spät; es kann nur noch eine Heilung der erkrankten Pflanzen angestrebt werden. Andererseits werden aber die Krankheitssymptome auch Anlaß sein, der Erkrankung späterer Ernten von vornherein durch rechtzeitige Ergänzung der fehlenden oder unzureichend vorhandenen Elemente vorzubeugen. An die Stelle der Therapie tritt dann die Hygiene. Es ist aber wenig befriedigend, wenn wir zunächst das Auftreten krankhafter Störungen mit seinen nachteiligen Folgen abwarten müssen, um aus ihm die Erkenntnis von der Notwendigkeit hygienischer Maßnahmen abzuleiten. Deshalb bemüht man sich seit langem um Untersuchungsmethoden, die über das Fehlen oder den Mangel an not-

---

[1]) Merkenschlager, F., Phosphorsäurefragen in der Pflanzenpathologie. Phosphorsäure **2**, 1932, 18.

[2]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 355.

[3]) Bortels, H., Biokatalyse und Reaktionsempfindlichkeit bei niederen und höheren Pflanzen. Angew. Botanik **11**, 1929, 285—332.

[4]) Hiltner, E., Die Dörrfleckenkrankheit des Hafers und ihre Heilung durch Mangan. Landw. Jahrb. **60**, 1924, 689—770.

wendigen Elementen oder über ungeeignete Reaktion im Boden schon vor dem Anbau der Pflanze Aufschluß geben. Letzten Endes dienen also alle Bodenuntersuchungsverfahren zu nichts anderem als zur Schaffung der erforderlichen Unterlagen für pflanzenhygienische Maßnahmen.

Anweisungen, wie im einzelnen die Ernährung der verschiedenen Kulturpflanzenarten zu gestalten ist, um ihre gesunde Entwicklung zu gewährleisten, hat die Lehre von der Pflanzenernährung zu geben. Hier ist nur in die Besprechung solcher pathologischen Erscheinungen einzutreten, deren Verhütung im Rahmen der allgemeinen hygienischen Ernährung besondere Vorkehrungen erfordert.

Bei Erwähnung der sogenannten drei Bodenkrankheiten im engeren Sinne wurde bereits angedeutet, daß man ihrem Auftreten durch Bodenverbesserungsmaßnahmen vorbeugen könne.

Gegen die Urbarmachungskrankheit haben Hudig und Meyer[1]) ein sicher wirkendes Mittel im Kupfersulfat gefunden. Rademacher[2]) konnte allerdings mit diesem Mittel keine befriedigenden Ergebnisse erzielen, wenigstens bei Anwendung vor und sofort nach der Frühjahrssaat, was er aber auf unzureichende Niederschläge zurückführt. Neuerdings[3]) empfiehlt auch er Gaben von 50—150 kg/ha, die auf Ackerland im Herbst vor der gefährdeten Frucht, spätestens aber vor der Saat, auf Grünland zeitig im Frühjahr in feinkörniger Form gestreut und leicht eingearbeitet werden. Gute Erfolge hat er auch mit Kupfernitrat gehabt, wie es im Raphanit und anderen kupferhaltigen Hederichbekämpfungsmitteln enthalten ist. Die beiden anderen Bodenkrankheiten, die moorkoloniale oder Dörrfleckenkrankheit und die Hooghalensche oder Versauerungskrankheit stehen insofern in Beziehung zueinander, als sie unter entgegengesetzten Verhältnissen der Bodenreaktion auftreten. Erstere zeigt sich bei ihrer Verschiebung nach der alkalischen, letztere bei einer solchen nach der sauren Seite, ohne daß freilich eine bestimmte Reaktion angegeben werden kann, bei welcher die eine oder die andere Krankheitsform aufzutreten beginnt, da hierfür die Art des Bodens und die auf ihn einwirkenden Faktoren maßgebend sind. Es steht heute auch fest, daß nicht die Reaktion als solche die eigentliche Ursache der Krankheitserscheinungen ist, worauf Hudig[4]) bereits 1924 hingewiesen hat. Vielmehr handelt es sich in beiden Fällen um einen sehr verwickelten Faktorenkomplex, über dessen Zusammenwirken im einzelnen noch keine völlige Klarheit gewonnen worden ist. Für die Dörrfleckenkrankheit steht weiter fest, daß das Vorhandensein einer ausreichenden Menge aufnehmbaren Mangans die Voraussetzung für ihre Verhinderung bildet. Auf diese Fragen ist an anderer Stelle dieses Handbuchs[5]) ausführlich eingegangen. Als hygienische Maßnahme ergibt sich hieraus Anwendung von physiologisch sauren bzw. physiologisch alkalischen Düngemitteln. Durch Verabreichung ersterer bzw. Nichtverwendung letzterer soll ein Freimachen des bodeneigenen Manganvorrats angestrebt und auf diese Weise dem Auftreten der Dörrfleckenkrankheit vorgebeugt werden. Ihre gänzliche Unterdrückung läßt sich fast immer auch durch Gaben von 50—150 kg/ha Mangansulfat erreichen, die nicht zu früh, am besten kurz vor oder nach der Saat ausgestreut

---

[1]) Hudig, J. und Meyer, C., Über die sog. „Urbarmachungskrankheit" als dritte Bodenkrankheit. Ztschr. Pflanzenernähr. u. Düng. A **8**, 1926, 15—52.

[2]) Rademacher, B., Erfahrungen über Auftreten und Verhütung der Urbarmachungskrankheit (Weißseuche) in Schleswig-Holstein. Nachrichtenbl. f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 10—13.

[3]) Rademacher, B., Die Heidemoorkrankheit. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. Flugblatt 137, 1935.

[4]) Hudig, J., Über die Kalkbedürftigkeit unserer Sandböden. Deutsche Landw. Presse **51**, 1924, 218—219. Neue Möglichkeiten der Ertragssteigerung auf Sandböden. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **40**, 1925, 392—398.

[5]) Dieses Handbuch Bd. I, 6. Aufl. Berlin 1932, 1. Teil S. 296; 2. Teil S. 134.

werden.[1]) Versagen soll dieses Mittel nach Hudig und Meyer[2]) z. B. auf solchen Böden, auf denen vorher das Auftreten der Urbarmachungskrankheit durch Behandlung mit Kupfersulfat verhindert worden ist.

Von allgemeiner Bedeutung für den Pflanzenbau ist die Frage nach der Beeinflussung der Frostresistenz durch die Düngung.

Sie ist von Wartenberg[3]) sehr eingehend behandelt worden und braucht deshalb hier nur kurz gestreift zu werden. Zunächst ist in diesem Zusammenhang der Einfluß der Ernährung auf den Entwicklungsrhythmus von Bedeutung. Schaffnit und Volk[4]) fassen ihre Beobachtungen dahingehend zusammen, daß ,,Stickstoffmangel einen früheren Abschluß der Pflanzenentwicklung bedingt, die Vegetationsruhe aber verlängert, während Phosphorsäuremangel die Vegetation im Herbst ganz bedeutend hinauszögert, aber die Vegetationsruhe sehr verkürzt. Die Wirkung hoher Kaligaben macht sich bei normaler Stickstoffgabe ebenfalls in einer Beschleunigung, Fehlen von Kali in einer Verzögerung des Vegetationsablaufs bemerkbar." Wenn wir nun weiter wissen, daß mangelnde Reife des Holzes die Frostempfindlichkeit erhöht, so leuchtet ohne weiteres ein, daß die richtige Durchführung der Düngung für die Verhütung von Frostschäden von Bedeutung ist. Mit Recht wird deshalb im Obstbau vor Düngung mit Stickstoff im Herbst gewarnt.[5])

Eine andere Frage ist, ob die Düngung außer dieser indirekten Wirkung auf die Frostresistenz auch direkt diese zu beeinflussen vermag. Von vielen Seiten wird namentlich dem Kali eine die Frostresistenz steigernde Wirkung nachgesagt. So hat Faesler[6]) eine ganze Anzahl von Fällen zusammengestellt, in denen durch Gaben von Kali die Frostresistenz erhöht sein soll. Er erwähnt aber nicht die Untersuchungen von Wartenberg[7]), der die von Bolhuis behauptete Kälteresistenz steigernde Wirkung des Kalis auf Kartoffelpflanzen nachgeprüft hat und, gleichzeitig gestützt auf umfangreiche Untersuchungen über primäre und sekundäre Kälteresistenz bei Bohnensippen, zu dem Ergebnis kommt, daß die primäre Kälteresistenz, die gegenüber einer ersten Kälteeinwirkung zutage tritt, durch eine Gabe von 40%igem Kalisalz nicht nur nicht gesteigert, sondern im Gegenteil verringert wird. Für den praktischen Kartoffelbau hat seiner Überzeugung nach eine solche Düngung als Schutz gegen Frostschäden keine Bedeutung. Dhein[8]), der merkwürdigerweise ebenfalls Wartenberg nicht zitiert, glaubt, daß Kali in jeder Form die Kälteresistenz der Kartoffel erhöht, falls starker Kalimangel vorgelegen hat; steht Kali in mäßiger Menge zur Verfügung, so soll nur Kainit eine solche günstige Wirkung haben.

Demnach kann keineswegs generell mit einer Kälteresistenz steigernden Wirkung des Kalis gerechnet werden. Vielmehr sind die jeweiligen Bedingungen dabei von entscheidender Bedeutung. Die Kalidüngung kann nicht nur ohne Einfluß auf die Frostempfindlichkeit bleiben, sondern scheint diese unter Umständen sogar steigern zu können.

Weiter seien noch einige nichtparasitäre Erkrankungen einzelner Kultur-

---

[1]) Rademacher, B., Die Dörrfleckenkrankheit. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 136, 1935.

[2]) Hudig, J. und Meyer, C., Über die sog. ,,Urbarmachungskrankheit" als dritte Bodenkrankheit. Ztschr. f. Pflanzenernähr. u. Düng. A **8**, 1926, 51.

[3]) Dieses Handbuch Bd. I, 6. Aufl. Berlin 1932. 1. Teil S. 475—592.

[4]) Schaffnit, E. und Volk, A., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschieden ernährter Pflanzen. Landw. Jahrb. **67**, 1928, 327.

[5]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1916, S. 244.

[6]) Faesler, Die Kalisalze als Pflanzenschutzmittel. Berlin 1930.

[7]) Wartenberg, H., Über die Wirkung der Kalidüngung auf die Frostempfindlichkeit der Kartoffelpflanze. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **17**, 1930, 377—384. Über primäre und sekundäre Kälteresistenz bei Bohnensippen. Planta **7**, 1929, 347ff.

[8]) Dhein, A., Zur Frage der Frostschutzwirkung der Kalisalzdüngung. Landw. Jahrb. **78**, 1933, 789.

pflanzenarten herausgegriffen, deren Auftreten durch zweckentsprechende Düngung vorgebeugt werden kann. Für das Getreide bildet die mangelnde Standfestigkeit, die vom Standpunkte des Pflanzenbauers zweifellos als pathologische Erscheinung zu werten ist, ein gutes Beispiel.

Schaffnit und Volk[1]) stellen als allgemeine Richtlinie auf, daß für die Ausbildung mechanisch wirksamer Elemente in oberirdischen Organen eine reichliche Versorgung mit Kali und Phosphorsäure erforderlich ist, während der Stickstoff als Nährstoff hier zurücktreten muß.

Über die Einwirkung der Düngemittel auf das Auftreten von Kartoffelkrankheiten meint Schlumberger[2]) zusammenfassend, daß wir über eine solche noch recht wenig Positives wüßten und daß besondere Hilfsmittel noch nicht empfohlen werden könnten. Vor allem sind es die Graufleckigkeit und der Abbau, für deren Verhütung der Düngung eine mehr oder minder wichtige Rolle beigemessen wird.

Die Graufleckigkeit oder das Blauwerden, das den Speisewert der Kartoffel stark beeinträchtigt, gehört zu den an anderer Stelle dieses Handbuchs ausführlich besprochenen Melanosen.[3]) Nach den Untersuchungen von Ortwin-Botjes und Verhoeven[4]) kann man der Erscheinung durch starke Kaligaben wirksam vorbeugen. Merkenschlager[3]) meint allerdings, daß die auf diese Weise erzielten Erfolge sich nicht verallgemeinern ließen.

Hinsichtlich des viel erörterten Zusammenhangs zwischen Düngung und Abbau vertritt Opitz[5]) den Standpunkt, daß dem Bedürfnis des Bodens und der Pflanze angepaßte Stickstoffgaben den Pflanzgutwert der Kartoffel zum mindesten nicht herabsetzen, daß dagegen Extreme nach oben und unten schädlich wirkten. Bis auf weiteres erscheine es angezeigt, sich an die allgemeinen Gesetze der Pflanzenernährung zu halten, d. h. für einen hinreichenden Vorrat an leicht löslicher Pflanzennahrung zu sorgen. In die gleiche Richtung weist es, wenn Remy[6]) seine Ansicht über die Beeinflussung des Pflanzgutwertes durch Düngung dahingehend zusammenfaßt, daß an wenig abbauenden Standorten der Pflanzwert durch reichliche Düngung kaum beeinträchtigt werde, in stärker abbauenden Lagen mäßige Düngung den Pflanzwert fördere und schwache Düngung nur in extremen Fällen die Gewinnung einwandfreier Kartoffeln ausschließe. Dem entspricht schließlich etwa auch, wenn Klapp[7]) meint, gesundheitsschädliche Wirkungen seien sowohl von zu geringer, wie von übermäßiger Düngung bekannt, aber die optimale Grenze schwanke von Fall zu Fall. Entsprechend seiner Auffassung vom Abbau als Folge von Leistungsüberspannungen ist die Düngung deshalb so zu wählen, daß Leistungsüberspannungen vermieden werden; für die Gewinnung von Pflanzkartoffeln wird Begrenzung der Düngung, Vermeidung unzeitiger Düngung und vor allem bestimmter Düngerformen, stärkere Betonung der Phosphatdüngung gefordert.

Bei den Zucker- und Futterrüben ist die Düngung von Ausschlag gebendem Einfluß auf das Auftreten der Herz- und Trockenfäule.

Die Frage nach ihrer Ursache ist von Merkenschlager[8]) eingehend erörtert worden. Man neigt heute überwiegend zu der Ansicht, daß es sich um eine physiologische Erkrankung handelt. Soweit an einem Errger *(Phoma betae)* als Ursache festgehalten wird, räumt Gäu-

---

[1]) Schaffnit, E. und Volk, A., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschieden ernährter Pflanzen. Landw. Jahrb. **67**, 1928, 325.

[2]) Schlumberger, O., Kartoffelkrankheiten und Düngung. Superphosphat **6**, 1930, 51—52.

[3]) Dieses Handbuch Bd. I, 6. Aufl. Berlin 1932, 1. Teil. S. 204—207.

[4]) Ortwin-Botjes, I. und Verhoeven, W. B. L., Het blauworden van aardappeln. Tijdschr. over Plantenziekt. **33**, 1927, 57—96.

[5]) Opitz, K., Der Kartoffelbau. Handb. d. Landw. Bd. 3. Berlin 1930, S. 159.

[6]) Remy, Th., Handbuch des Kartoffelbaues. Berlin 1928, S. 87.

[7]) Klapp, E., Der Abbau der Kartoffel als Folge von Leistungsüberspannungen. Pflanzenbau **10**, 1933, 177, 195.

[8]) Dieses Handbuch Bd. I, 6. Aufl. Berlin 1932, 1. Teil S. 291—296.

mann[1]) diesem eine sekundäre Rolle ein, indem erst die physiologische Störung dem Pilz die Möglichkeit zum Befall der Pflanze gibt. Einig sind sich alle Autoren darin, daß man durch zweckentsprechende Düngung dem Auftreten der Krankheit wirksam vorbeugen kann. Roemer[2]) empfiehlt Gaben von 30—50 kg/ha Magnesiumchlorid, Mangansulfat oder Kalziumchlorid oder 100—200 kg/ha Gips, welche die schädliche Wirkung zu hoher Alkalität rasch und sicher mindern. Brandenburg[3]) hält für entscheidend, daß für ausreichende Mengen aufnehmbaren Bors durch Zufuhr von leicht löslichen borsauren Salzen gesorgt wird. Wimmer und Lüdecke[4]) sind allerdings in neuester Zeit seiner Auffassung entgegengetreten, daß Bormangel die Ursache der Herz- und Trockenfäule sei. Kaufmann[5]) gibt zu, daß wir noch nicht so weit sind, eindeutig alle Zusammenhänge zwischen dem Mangel an aufnehmbarem Bor einerseits, der Reaktion des Bodens und der Witterung andererseits erklären zu können; auf Grund umfangreicher Feldversuche sieht er es aber als feststehend an, daß wir auf den zur Herz- und Trockenfäule neigenden Böden die Krankheit durch Bor mit Sicherheit stark mindern, ja praktisch fast ganz unterdrücken können. Die optimale Wirkung ist bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit nach seinen Versuchen bei etwa 10 bis 15 kg/ha Borax zu erwarten. Im Einklang damit steht die Angabe von Meyer-Hermann[6]), daß durch Verabreichung von 10 bis 20 kg/ha technischem Boraxgries, der im Gemisch mit 1 dz/ha hochprozentigem Kali unmittelbar vor oder nach der Saat ausgestreut wird, das Auftreten der Herz- und Trockenfäule völlig verhütet werden konnte. Krüger, Wimmer und Lüdecke[7]) empfehlen außerdem die Verwendung eines industriellen Abfallproduktes, das im wesentlichen durch seine Fähigkeit, den Boden zu neutralisieren, vorbeugend wirken soll.

Von nicht parasitären Erkrankungen anderer Pflanzenarten seien hier noch die Gelte des Hopfens erwähnt, der man durch Vermeidung einseitiger Überdüngung mit Stickstoff vorbeugen kann[8]), das Aufspringen der Tomatenfrüchte, das Krauß[9]) durch reichliche Zufuhr von Phosphorsäure verhindern konnte, und die Chlorose des Weins, gegen deren Auftreten, falls es durch zu hohen Kalkgehalt des Bodens bedingt ist, physiologisch saure Düngemittel und außerdem ausreichende Mengen von Kali empfohlen werden.[10]) Schließlich kennen wir auch im Obstbau krankhafte Erscheinungen, die zum mindesten zum Teil auf Ernährungsstörungen zurückgehen und dementsprechend durch zweckmäßige Düngung verhütet werden können. Es sei nur an den Gummifluß, an die Spitzendürre und an die Blattrandkrankheit[11]) erinnert.

---

[1]) Gäumann, E., Untersuchungen über die Herzkrankheit (Phyllonekrose) der Runkel- und Zuckerrüben. I. Vierteljahrsschr. naturforsch. Ges. Zürich **70**, 1925. Beiblatt 7.

[2]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaues. Berlin 1927, S. 296.

[3]) Brandenburg, E., Die Herz- und Trockenfäule der Rüben als Bormangelerscheinung. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 499—517. Die Herz- und Trockenfäule der Rüben — Ursache und Bekämpfung. Angew. Botanik **14**, 1932, 194—228.

[4]) Wimmer, G. und Lüdecke, H., Ist Bormangel die Ursache der Herz- und Trockenfäule der Zuckerrüben? Mitt. d. Anhalt. Versuchsst. Bernburg Nr. 76, 1934.

[5]) Kaufmann, O., Die Verwendung von Bor zur Bekämpfung von Herz- und Trockenfäule der Rüben. Deutsche Zuckerindustrie **59**, 1934, 305—306.

[6]) Meyer-Hermann, K., Erfolgreiche Bekämpfung der Herz- und Trockenfäule der Rübe durch Borax. Pflanzenbau **11**, 1934, 24—28.

[7]) Krüger, W., Wimmer, G. und Lüdecke, H., Beitrag zur Frage der Bekämpfung der Herz- und Trockenfäule der Zuckerrüben. Mitt. d. Anhalt. Versuchsst. Bernburg Nr. 75, 1934.

[8]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 225.

[9]) Krauß, I., Ein Phosphorsäuredüngungsversuch zu Tomaten. Pflanzenbau **6**, 1929, 187—188.

[10]) Müller, K., Weinbau-Lexikon. Berlin 1930, S. 135.

[11]) Schowers, T. A. C., Die sog. „Blattrandkrankheit" bei Johannisbeeren und ihre Bekämpfung. Ernähr. d. Pflanze **25**, 1929, 297—300.

Wesentlich undurchsichtiger noch als bei den nichtparasitären Krankheiten ist der Einfluß der Düngung auf das Auftreten der parasitären. Oben wurde schon auf die Schwierigkeiten einer richtigen Deutung der Zusammenhänge hingewiesen. Bei der großen Fülle von Einzelangaben kann es sich hier nicht darum handeln, diese möglichst vollständig aufzuführen, um so weniger als sie einer kritischen Prüfung häufig nicht standhalten. Vielmehr muß es genügen, an Hand einer Reihe von besonders charakteristischen und hinreichend gesicherten Beispielen zu grundsätzlichen Richtlinien zu gelangen.

Einigermaßen eindeutig liegen die Dinge, wenn wir beabsichtigen, der Erkrankung der Pflanze durch Beeinflussung ihres Entwicklungsrhythmus vorzubeugen. Dieser kann, wie schon erwähnt, außer durch andere Maßnahmen auch durch die Düngung nicht unerheblich verändert werden. Wir werden also einer Pflanze, die nur in bestimmten Entwicklungsstadien anfällig gegenüber einem Parasiten ist, durch zweckentsprechende Düngung schneller über dieses Stadium hinweghelfen können und dadurch die Infektionsgefahr verringern.

So empfiehlt Krampe[1]) leichtlösliche Stickstoffgaben, um der Fusariumfußkrankheit des Getreides vorzubeugen. Gäumann[2]) vermutet, daß die von ihm erzielte starke Zurückdrängung des Wurzelbrandes der Zuckerrüben durch sehr kräftige Volldüngungen weniger im kräftigeren Wuchs und einer größeren Widerstandsfähigkeit der jungen Pflanzen als vielmehr darin seine Ursache hat, daß diese infolge ihres rascheren Wuchses in den kritischen Juniwochen das empfängliche Entwicklungsstadium schon hinter sich hatten. Böning[3]) warnt vor einer übermäßigen Düngung des Tabaks mit Stickstoff, da eine solche leicht reifeverzögernd wirkt und dadurch den Befall durch *Sclerotinia sclerotiorum* erhöht. Ein solcher Erfolg kann unter Umständen auch dadurch zustande kommen, daß das Wachstum der Pflanze so beschleunigt wird, daß der Pilz mit ihr nicht Schritt zu halten vermag, wie das Tischler[4]) für *Uromyces pisi* auf *Euphorbia cyparissias* und Rippel und Ludwig[5]) für *Helminthosporium gramineum* auf Gerste nachgewiesen haben und wie es auch für *Ustilago avenae* von Brefeld[6]) angegeben worden ist.

Von großer Bedeutung kann auch die Verschiebung des Entwicklungsrhythmus zur Verhütung des Befalls durch tierische Schädlinge sein. Zum Schutz gegen die Schäden der Getreidefliegen empfiehlt Keese[7]) Kopfdüngung mit rasch wirkenden Stickstoffdüngern wie Kalksalpeter. Allerdings ist man sich über die beabsichtigte und erzielte Wirkung einer solchen Düngung nicht immer ganz einig. Häufig wird es sich auch um eine kombinierte Wirkung handeln. Rostrup und Thomsen[8]) wollen dadurch erreichen, daß das Sommergetreide vor der Eiablagezeit von *Oscinis frit* über das kritische 2—4-Blattstadium hinweg ist. Blunck

---

[1]) Krampe, O., Fusarium als Erreger von Fußkrankheiten am Getreide. Angew. Botanik **8**, 1926, 255.

[2]) Gäumann, E., Über die Bekämpfung des Wurzelbrandes der Zuckerrüben. Landw. Jahrb. d. Schweiz **42**, 1928, 580.

[3]) Böning, K., Zur Biologie und Bekämpfung der Sclerotienkrankheit des Tabaks *(Sclerotinia sclerotiorum [Lib.] Massee)*. Phytopath. Ztschr. **6**, 1933, 173.

[4]) Tischler, G., Untersuchungen über die Beeinflussung von *Euphorbia cyparissias* durch *Uromyces pisi*. Flora **104**, 1912, 1—64.

[5]) Rippel, A. und Ludwig, O., Über den Einfluß des Ernährungszustandes der Gerste auf den Befall durch *Pleospora trichostoma Wint.* (Streifenkrankheit). Angew. Botanik **9**, 1927, 541—560.

[6]) Brefeld, O., Untersuchungen auf dem Gesamtgebiet der Mykologie. Heft 11, 1895, 23—43.

[7]) Keese, K., Wie können wir Winter- und Sommersaaten gegen die Schäden der Getreidefliegen schützen? Landbau und Technik **7**, 1931, Nr. 3.

[8]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 284.

und Ludewig[1]) dagegen meinen, daß zwar durch den Stickstoff der Wuchs gekräftigt und die Ausbildung von Seitentrieben angeregt, gleichzeitig aber auch die Dauer des anfälligen Stadiums verlängert werde. Der Befall des Weizens durch *Chlorops taeniopus* ist nach Watzls[2]) Beobachtungen vom Beginn des Schossens abhängig; frühes Schossen hat geringen, spätes starken Befall zur Folge. Mit Stickstoff reichlich versorgte Weizen und Gerste werden deshalb in einem vorgerückteren Entwicklungsstadium von der Halmfliege heimgesucht werden. Zu dem gleichen Zweck warnt man allerseits in England vor einer vegetationsverlängernden Stickstoffüberschußdüngung, namentlich bei später Darreichung und empfiehlt Superphosphat zur Beschleunigung der Ährenausbildung. Appel[3]) glaubt allerdings ebenso wie Acker[4]), daß der Hauptvorteil einer Düngung mit Kali und Phosphorsäure auf einer beschleunigten Ausbildung des Festigungsgewebes beruht, auf die Blunck und Ludewig[5]) auch gegenüber der Fritfliege Wert legen. Entwicklungsbeschleunigung des Winterweizens durch Stickstoffgaben im Herbst und Frühjahr soll schließlich die Schäden durch *Hylemyia coarctata* mildern.[6]).

Wachstumsförderung durch Stickstoffdüngung wird auch empfohlen, damit die Gräser auf dem Grünland möglichst schnell der Gefährdung durch die Wiesenschnake[7]) entwachsen, während kali- und phosphorsäurehaltige Mineraldünger von Erdflöhen bedrohte Pflanzen rascher über das gefährliche Stadium des Befalls hinwegbringen sollen.[8]) Gut bewährt hat sich aus dem gleichen Grunde eine Kopfdüngung mit Kali mit nachfolgender Gabe eines rasch löslichen stickstoffhaltigen Düngemittels in Fällen, in denen die Pflanzen durch Drahtwurmfraß gefährdet sind.[9]) Allerdings handelt es sich dabei nicht nur um eine Wachstumsbeschleunigung, sondern auch um eine chemische Wirkung auf die Drahtwürmer, die vorübergehend vertrieben werden. Um eine Beeinflussung des Entwicklungsrhythmus zur Verhütung der Erkrankung handelt es sich auch, wenn Kopfdüngung mit Stickstoff während der Vegetation von Werneck[10]) zu Zuckerrüben und von Boshart[11]) zu Sellerie empfohlen wird. Hier spielt freilich schon die Frage der Resistenzänderung durch die Düngung hinein. Werneck läßt sich nämlich von dem Gesichtspunkt leiten, daß, wenn die für die *Cercospora*-Ausbreitung entscheidende Witterung im Juni kühl und feucht sei und dann gleichzeitig Stickstoffmangel herrsche, starker Befall folge, da die Pflanzen eine Periode geschwächten Widerstandes durchliefen und der Pilz optimale Entwicklungsbedingungen finde. Ähnlich will Boshart erreichen, daß die Selleriepflanzen durch die schnelle Aufnahme des Stickstoffs so kräftig neue Blätter hervortreiben, daß sie in ihrem gesunden Wachstum dem Erreger der Blattfleckenkrankheit *Septoria apii* lange Widerstand leisten. Wie weit mit derartigen Einflüssen der Düngung zu rechnen ist, wird gleich offenbar werden.

Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang der Hinweis von Schaffnit und Meyer-Hermann[12]) auf den Einfluß, den die Düngung auf die Regenerations-

[1]) Blunck, H. und Ludewig, K., Die Fritfliege. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 9, 1930.

[2]) Watzl, O., Über die Anfälligkeit verschiedener Weizensorten für die Halmfliege *(Chlorops taeniopus Meig.)*. Ztschr. f. angew. Entomol. **18**, 1931, 133—153.

[3]) Appel, O., Getreidekrankheiten. Berlin 1931, Tafel 17.

[4]) Acker, W., Verhütung von Halmfliegenbefall. Ernährung d. Pflanze **27**, 1931, 452—454.

[5]) Blunck, H. und Ludewig, K., Die Fritfliege. Biol. Reichsanst. f. Land- und Forstw. Flugblatt 9, 1930.

[6]) Rostrup, S. u. Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 314.

[7]) Gasow, H., Die Bekämpfung der Wiesenschnake auf dem Grünland. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 75, 1932.

[8]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 52, 45.

[9]) Blunck, H., Lebensweise und Bekämpfung der Drahtwürmer. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 76, 1930.

[10]) Werneck, H. L., Neue Wege zur Bekämpfung der Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe. Fortschr. d. Landw. **6**, 1931, 454—456.

[11]) Boshart, K., Richtige Ernährung und Düngung als Grundlage gesunden Pflanzenwachstums im Gemüsebau. Prakt. Blätt. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **7**, 1930, 264.

[12]) Schaffnit, E. und Meyer-Hermann, K., Einfluß der Bodenreaktion auf die Lebensweise von Pilzparasiten und das Verhalten ihrer Wirtspflanzen. Phytopath. Ztschr. **2**, 1930, 163.

fähigkeit der Pflanzen ausübt. Es wurde schon die Ansicht Merkenschlagers angeführt, daß eine harmonisch ernährte Pflanze erlittene Schäden leichter wieder wettmachen könne. Schaffnit und Meyer-Hermann haben festgestellt, daß Phosphorsäure und Stickstoff die Bewurzelung in außerordentlich hohem Maße beeinflussen; namentlich letzterer ist dazu berufen, die Pflanze zur Bildung von Adventivwurzeln und neuen Bestockungstrieben anzuregen. Diese gesteigerte Rgenerationsfähigkeit ist möglicherweise in manchen Fällen die Ursache der scheinbaren Resistenzänderung durch die Düngung.

Eine solche kann aber noch durch ganz andere Umstände bedingt sein. Um den Befall der Kartoffeln durch *Phytophthora infestans* zu verhüten, warnt Prjanischnikow[1]) vor einseitiger Stickstoff- und übermäßiger Stallmistdüngung. Eine nähere Begründung für diese Warnung ist nicht gegeben, so daß die verschiedensten Deutungen möglich sind. Einmal kann es sich auch hier lediglich um eine Änderung des Entwicklungsrhythmus handeln, die sich nach zwei verschiedenen Richtungen auswirken kann. Die Verlängerung der Vegetationsperiode durch die Stickstoffdüngung hat nach den Beobachtungen von Schaffnit und Volk[2]) zur Folge, daß die Pflanze das für den Befall günstigste Entwicklungsstadium später erreicht. Dadurch können unter Umständen die Entwicklungskurven von Wirtspflanze und Parasit besser zur Deckung gelangen. Eine andere Erklärung für die das Auftreten der Phytophthora begünstigende Wirkung des Stickstoffs nimmt Köhler[3]) an. Er vermutet eine ungünstige Konstitutionsänderung der Pflanze durch Stickstoff, die sie zur Ansteckung und Erkrankung geneigter mache. Vielleicht findet aber eine das Auftreten der Phytophthora begünstigende Wirkung des Stickstoffs auch lediglich durch die üppige Entwicklung der Stauden und die dadurch bedingten mikroklimatischen Veränderungen innerhalb des Bestandes ihre Erklärung. Daß wir auch auf solche Folgen der Düngung zu achten haben, zeigen Schaffnit und Böning.[4]) Sie weisen darauf hin, daß sich ohne genügende Versorgung mit Kali schirmartig geschlossene Pflanzen von *Phaseolus vulgaris* mit gestauchten Achsen entwickeln, die der Gefahr der Infektion durch den Erreger der Brennfleckenkrankheit besonders ausgesetzt sind und dessen Entwicklung begünstigen. Phosphorsäure dagegen habe sich insofern als richtig erwiesen, als sie bei reichlicher Gabe besonders lockere, offene, dem Luftzug und der Sonne zugängliche Pflanzen erzeuge. Auch Gaßner[5]) macht darauf aufmerksam, daß eine üppigere Entwicklung der Getreidepflanzen infolge Stickstoffdüngung dichteren Bestand bedinge, damit aber höhere Luftfeuchtigkeit und bessere Keimungsbedingungen für die Rostsporen zur Folge haben

[1]) Prjanischnikow, D. N., Spezieller Pflanzenbau. Berlin 1930, S. 90.

[2]) Schaffnit, E. und Volk, A., Über den Einfluß der Ernährung auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Parasiten (1. Teil). Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankh. u. d. Immunität im Pflanzenreich Heft 3, 1927, 10.

[3]) Köhler, E., Anmerkungen eines Pflanzenpathologen zum Thema: Stickstoffdüngung und Pflanzwert der Kartoffel. Kartoffel **5**, 1925, 152—154.

[4]) Schaffnit, E. und Böning, K. Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen. Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankh. u. d. Immunität im Pflanzenreich. I. Mitt. 1925, 180.

[5]) Gassner, G., Untersuchungen über die Abhängigkeit des Auftretens der Getreideroste vom Entwicklungszustand der Nährpflanze und von äußeren Faktoren. Zentralbl. f. Bakt. II. **44**, 1916, 617.

könne. Volk[1]) freilich glaubt, derartige Erscheinungen anders erklären zu müssen. Die hohen Schädigungen, die in der Praxis meist in diffusem Licht und feuchter Luft, also in geschlossenem Bestand, auftreten, sind seiner Ansicht nach weniger darauf zurückzuführen, daß diese Umweltbedingungen dem Wachstum und der Verbreitung der Parasiten besonders günstig sind, als darauf, daß die durch diese Umweltfaktoren beeinflußte Pflanze dem Angriff der Pilze gegenüber besonders empfindlich ist. Die gleiche Vorstellung schwebt Pichler[2]) vor, der eine Stickstoffdüngung des Getreides im Herbst für sehr gefährlich hält, weil sie leicht schwammiges Gewebe erzeuge und dadurch den Fusarium-Befall begünstige, während Neuhaus[3]) für Knapphaltung der Stickstoffzufuhr eintritt, um einen zu dichten Pflanzenbestand zu vermeiden, demnach also wohl auch eine ungünstige Beeinflussung des Mikroklimas befürchtet. Schließlich kann die durch die Düngung veränderte Entwicklung des Wirtspflanzenbestandes diejenige des Parasiten auch noch in einer Richtung beeinträchtigen, auf die Hiltner[4]) aufmerksam gemacht hat. Dieser Autor vermutet nämlich, daß die günstige Wirkung einer Düngung mit Kali und Phosphorsäure gegen das Auftreten von *Orobanche minor* vielleicht auf die starke Förderung des Wachstums des Klees und die dadurch bedingte Unterdrückung des Kleeteufels in dem rasch geschlossenen und dichten Bestand zurückzuführen ist.

Es steht außer Frage, daß die bisher erwähnten Folgen der Düngung, die im wesentlichen die scheinbare Änderung der Anfälligkeit im Sinne Gaßners ausmachen, vielfach nicht hinreichend gewürdigt und gegenüber der wirklichen Änderung der Anfälligkeit durch die Düngung vernachlässigt worden sind. Meint doch Vavilov[5]) geradezu, daß die widersprechenden Anschauungen über den Einfluß der Düngung auf die Anfälligkeit der Pflanzen gegenüber parasitären Angriffen durch die Verwechslung scheinbar geminderter oder erhöhter mit wirklich veränderter Anfälligkeit ihre Erklärung fänden, indem durch Salpeterdüngung gewöhnlich die Vegetationsperiode und damit auch die Möglichkeit zur Infektion verlängert werde, während eine Phosphatdüngung die umgekehrte Wirkung hervorrufen könne. Nur die Berücksichtigung der vielartigen Nebenwirkungen der Düngung kann Widersprüche verständlich machen wie beispielsweise solche in der Abhängigkeit des Auftretens der Rostpilze von der Düngung.

Während Hiltner[4]) angibt, daß das Auftreten des Gelbrostes im Gegensatz zu demjenigen des Schwarzrostes durch Stickstoffdüngung nicht begünstigt werde; im Gegenteil ersterer sich in manchen Jahren eher dort in stärkerem Maße zeige, wo ein gewisser Mangel an Stickstoff vorhanden sei, haben Gassner und Hassebrauk[6]) beobachtet, daß sämtliche

[1]) Volk, A., Einflüsse des Bodens, der Luft und des Lichtes auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Krankheiten. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 83.

[2]) Pichler, F., Der Schneeschimmel. Fortschr. d. Landw. **8**, 1933, 152.

[3]) Nach Hoffmann, Weizenanbau und Fußkrankheit. Landw. Wochenbl. f. Schleswig-Holstein **82**, 1932, 556.

[4]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 152, 75.

[5]) Vavilov, N., Immunity of plants to infections diseases. Moskau 1918, S. 228.

[6]) Gassner, G. und Hassebrauk, K., Untersuchungen über Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 609.

von ihnen untersuchte Rostarten, darunter auch *Puccinia glumarum*, grundsätzlich die gleiche Beeinflussung durch die Mineralsalzernährung zeigen.

Andererseits kann es aber, wie schon betont wurde, heute keinem Zweifel mehr unterliegen, daß unbeschadet der Nebenwirkungen der Düngung diese auch eine wirkliche Änderung in der Resistenz der Pflanzen hervorzurufen vermag.

Schon Laurent[1]) glaubte, den Nachweis hierfür erbracht zu haben, nachdem vor ihm bereits Liebig und andere diesen Gedanken ausgesprochen hatten, und zog daraus die Schlußfolgerung: „Pour préserver les champs cultivés des épidémies meurtrières ainsi occasionnées par des organismes ubiquistes, dont la destruction est impossible, il faudra recourir à des procédés fondés sur l'influence de l'alimentation minérale dans la résistance des plantes à leur parasite." Daß diese Forderung späterhin häufig falsch verstanden worden ist, zeigt der Hinweis von Molz[2]), die allgemeine Ansicht, daß ein sehr gut ernährtes Individuum weniger anfällig sei als ein schlecht ernährtes, bedürfe sehr der Einschränkung. Ist doch Hoffmann[3]) sogar zu dem Ergebnis gekommen, daß je vollkommener die Düngung der von ihm beobachteten Obstbäume war, um so stärker der Raupenbefall war. Daß auch diese Beobachtung nicht verallgemeinert werden darf, ist späterhin von Reh[4]) betont worden: „Wir wissen aus zu vielen Erfahrungen, daß gut gepflegte und gedüngte Pflanzen nicht nur vom Insektenbefall weniger leiden als schwächliche, sondern ihm auch im allgemeinen weniger ausgesetzt sind. Wir müssen daher bestrebt sein festzustellen, welche Schädlinge und durch welche Düngung sie begünstigt werden. — Kräftige, richtige, den Verhältnissen entsprechende Pflege und Düngung bekommt den Bäumen und den anderen Kulturpflanzen am besten. Jede Unterlassung rächt sich ebenso wie jede Übertreibung. Es gilt auch hier, für jede Pflanze, für jedes Alter, jeden Standort usw. das Optimum zu suchen."

Um die exakte Klärung der Frage nach dem Einfluß der Düngung auf die Anfälligkeit der Pflanzen haben sich in neuester Zeit Schaffnit und Volk[5]) und namentlich Gaßner und Hassebrauk[6]) bemüht. Schaffnit und Volk fassen die Ergebnisse ihrer Untersuchungen an den verschiedensten Pflanzenarten und mit den verschiedensten Parasiten dahingehend zusammen, daß jede Nährstoffkombination, bei der Stickstoff oder Phosphorsäure deutlich ins Minimum gerät, das Pilzwachstum hemmt, während auf Pflanzen, die in keiner

---

[1]) Laurent, E., Recherches experimentales sur les maladies des plantes. Rech. de Biol. Exper. **1**, 1901, 159.

[2]) Molz, E., Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzüchtg. **5**, 1917, 175.

[3]) Hoffmann, Beobachtungen gelegentlich des Raupenbefalls der Obstbäume im Frühjahr 1915. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz **13**, 1915, 94.

[4]) Reh, L., Düngung und Insektenbefall. Ztschr. f. angew. Entom. **3**, 1916, 133.

[5]) Schaffnit, E. und Volk, A., Über den Einfluß der Ernährung auf die Empfänglichkeit der Pflanzen. 1. Teil. Forsch. a. d. Gebiet d. Pflanzenkrankh. u. d. Immunität im Pflanzenreich Heft 3, 1928; 2. Teil. Phytopath. Ztschr. **1**, 1930, 535—574.

[6]) Gassner, G. und Hassebrauk, K., Untersuchungen über Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 535—617.

Weise an diesen beiden Nährstoffen Mangel leiden, die untersuchten Parasiten die günstigsten Lebensbedingungen finden. Auf Grund dieser Ergebnisse geben sie für die Düngung zum Zweck der Verhütung von parasitären Erkrankungen, soweit sie von ihnen untersucht sind, folgende Richtlinien[1]):

„... Man wird von dem Gesichtspunkt des Parasitenschutzes allein aus betrachtet Überschußdüngungen von Stickstoff + Phosphorsäure vermeiden müssen, da reichliche Mengen dieser Nährstoffe zusammen immer für die Parasiten die günstigsten Lebensbedingungen zur Folge haben. Ebenso wird die alleinige Zufuhr hoher N-Mengen für die untersuchten Parasiten (ausgenommen Phytophthora) günstigere Entwicklungsmöglichkeiten bedingen, da wohl in den meisten Kulturböden hinlängliche Mengen an Phosphorsäure vorhanden sind, um den Ablauf aller Lebensprozesse der Pflanzen sicher zu stellen, also keinen sichtbaren Mangel an Phosphorsäure in die Erscheinung treten zu lassen. Eine ungünstige Beeinflussung der Disposition der Pflanze für den Befall durch Parasiten ist dagegen nicht zu befürchten nach Kalidüngung. Die Begründung dafür, daß Kali an sich sogar scheinbar eine leichte Resistenzerhöhung verursacht, ist darin zu suchen, daß der Stickstoff im Wechselspiel der Nährstoffe am ersten Minimumfaktor wird, und daß hohe Gaben von Kali + Phosphorsäure einen zunächst schnelleren Verbrauch von N und danach eintretenden N-Mangel verursachen. Diese Regeln werden ja durch vielfältige praktische Erfahrungen bestätigt. Nur ist die bisherige Erklärung dafür, daß hohe Kali- bzw. Phosphorgaben die Resistenz, hohe Stickstoffgaben die Anfälligkeit erhöhen, dahin abzuändern, daß hohe Kali- und Phosphorsäuregaben bei gleichzeitig eintretendem N-Mangel die Resistenz erhöhen, und daß N-Überschuß die Anfälligkeit erhöht, wenn nicht Phosphorsäure ins Minimum gerät."

Schaffnit und Volk haben Befallsunterschiede erst von dem Zeitpunkt an festgestellt, in dem sich deutliche durch verschiedene Ernährung bedingte Entwicklungsunterschiede bemerkbar machten, nicht dagegen im Jugendstadium. Diese Ergebnisse ließen demnach noch die Frage offen, ob es sich bei der beobachteten Resistenzänderung als Folge der Düngung nicht doch lediglich um eine scheinbare, durch die unterschiedliche Entwicklung bedingte handele. Gaßner und Hassebrauk haben deshalb zu ihren Rostinfektionsversuchen nur junge Getreidepflanzen nach Erscheinen des zweiten Blattes benutzt. Im Gegensatz zu Schaffnit und Volk konnten sie nach verschiedener Düngung auch an solchen Pflanzen, die sich im Jugendstadium, also im homologen Entwicklungsstadium befanden, einwandfrei Unterschiede in der Anfälligkeit beobachten, sobald sie mäßig resistente bzw. schwach anfällige Sorten prüften. Hoch resistente und hoch anfällige, wie Schaffnit und Volk sie verwandten, ließen dagegen fast gar keinen Einfluß der Mineralsalzdüngung erkennen, so daß sich hieraus der Widerspruch zwanglos erklären läßt. Die von ihnen festgestellten Einflüsse der Düngung fassen sie dahingehend zusammen[2]):

„Bei gleichzeitiger Konstanz der übrigen Nährstoffe bewirken steigende Kaligaben eine eindeutige Verschiebung des Rostbildes nach der resistenten Seite hin. Bei gleichzeitiger Änderung der Stickstoff- und Phosphorsäureernährung wirkt Kali um so stärker hemmend, je mehr es im Überschuß zu Stickstoff oder zu Phosphorsäure gegeben wird. Außerdem ist die Stärke der Kaliwirkung gleichzeitig von dem gegenseitigen Mengenverhältnis von Stickstoff zu Phosphorsäure abhängig... Stickstoff wirkt in allen Fällen rostfördernd und zwar um

---

[1]) Schaffnit, E. und Volk, A., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschieden ernährter Pflanzen. Landw. Jahrb. **67**, 1928, 328.

[2]) Gassner, G. und Hassebrauk, K., Untersuchungen über Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopath. Ztschr. **3**, 1931, 609.

so stärker, je mehr Stickstoff im Überschuß zu Kali und Phosphorsäure gegeben wird. Das Ausmaß der Stickstoffwirkung hängt weiter von dem gegenseitigen Verhältnis von Kali und Phosphorsäure ab. . . Die Wirkung der Phosphorsäure hängt stets von dem gleichzeitigen Gehalt des Bodens an Kali und Phosphorsäure sowie ihrem gegenseitigen Verhältnis ab. Je nach dem Verhältnis von Kali zu Phosphorsäure zu Stickstoff erhöht Phosphorsäure entweder die Resistenz oder steigert die Anfälligkeit. Eine Resistenzerhöhung liegt dann vor, wenn Phosphorsäure im Vergleich zu Kali und Stickstoff im Überschuß vorhanden ist. Zu einer Steigerung der Anfälligkeit kommt es bei einem relativen Überwiegen von Kali und Stickstoff. . . Im übrigen sind die Wirkungen von Kali, Phosphorsäure und Stickstoff auf das Rostverhalten der Pflanzen derart eng miteinander verknüpft und gegenseitig bedingt, daß es nicht immer möglich ist zu entscheiden, ob der jeweils im Überschuß gegebene Faktor oder der gleichzeitig verursachte Mangelzustand der anderen Faktoren für das Rostverhalten ausschlaggebend ist. Ferner ist bei der Beurteilung der Mineralsalzeinwirkung auf die Resistenzverschiebungen der Nährpflanze gleichzeitig auch die Bedeutung der Assimilationstätigkeit der Blätter als variabler Faktor zu berücksichtigen."

In Übereinstimmung mit diesen exakten Laboratoriumsuntersuchungen haben Acker und König[1]) in Feldversuchen eine spezifisch rosthemmende Wirkung der Kalisalzdüngung feststellen können. Den Hauptunterschied ihrer Auffassung gegenüber derjenigen von Schaffnit und Volk sehen Gaßner und Hassebrauk darin, daß erstere Stickstoff und Phosphorsäure in den Vordergrund stellen und das Eingreifen des Kali nur nebensächlich behandeln, nach ihren eigenen Versuchsergebnissen dagegen ein Verständnis des ganzen Fragenkomplexes nur möglich ist, wenn Kali als gleichwertiger Faktor neben Stickstoff und Phosphorsäure gestellt wird. „Wir haben es nicht mit einer Gleichung mit zwei, sondern mit drei unbekannten Größen zu tun."

Neben diese drei unbekannten Größen tritt nun als vierte, nicht minder wichtige der Kalk, dessen wirksame Komponente jedoch meist nicht in dem Nährstoffgehalt zu suchen ist und der deshalb auch nicht mit den drei anderen Nährstoffen in dieselbe Gleichung aufgenommen wird. Lundegårdh[2]) hat neuerdings darauf hingewiesen, daß viele Kalkpflanzen nicht deshalb auf Kalkböden gut gedeihen, weil sie viel Kalk als Nährstoff gebrauchen, sondern wegen der physikalischen Eigenschaften des Bodens oder wegen seines allgemeinen Nährstoffreichtums oder endlich wegen der neutralen oder alkalischen Reaktion, während andererseits kalkfliehende meistens nicht dem Ca-Ion an sich, sondern der alkalischen Reaktion entfliehen oder aber durch die bei Kalküberschuß gehemmte Permeabilität für andere Nährstoffe Schaden leiden. Wenn wir deshalb den Kalk in den Dienst der Pflanzenhygiene stellen wollen, müssen wir jede dieser verschiedenartigen Wirkungen in Betracht ziehen. Ihre Vielartigkeit macht es auch erklärlich, daß der Kalk, wie Korff[3]) sich ausdrückt, als Vorbeugungsmittel wie im Kampf gegen zahlreiche Feinde der Kulturgewächse unschätzbare Dienste leistet. Soweit es sich dabei um fungizide und bakterizide Wirkungen handelt, ist an anderer Stelle dieses Handbuchs ausführlich darauf eingegangen. Allerdings ist eine scharfe Trennung zwischen

[1]) Acker, W. und König F., Die Widerstandsfähigkeit des Getreides gegen Rostbefall und ihre Beeinflussung durch die Düngung. Ernährg. d. Pflanze **29**, 1933, 104.

[2]) Lundegårdh, H., Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. 2. Aufl. Jena 1930, S. 339.

[3]) Korff, G., Kalk als Pflanzenschutzmittel. Berlin 1929, S. 5.

Kalk als Vorbeugungs- und als Bekämpfungsmittel nicht immer möglich. Ebensowenig braucht hier noch der Einfluß des Kalkes auf nichtparasitäre Erkrankungen erörtert zu werden, da auf ihn bereits hingewiesen worden ist. Lediglich seine Bedeutung für das Auftreten parasitärer Erkrankungen ist noch zu behandeln. Dabei erhebt sich wiederum die Frage, wie weit durch Kalken eine wirkliche Resistenzänderung der Pflanze zu erzielen ist. Wenn beispielsweise auf Böden, die zur Verkrustung neigen, zur Verhütung des Wurzelbrandes Kalken empfohlen wird[1]), so wird damit eine physikalische Bodenverbesserung angestrebt, durch welche die Entwicklung der Pflanzen beschleunigt und das Stadium der Anfälligkeit abgekürzt werden soll. Es handelt sich also nur um eine scheinbare Resistenzänderung.

Mit der physikalischen Bodenverbesserung gehen nun andere Wirkungen des Kalkens parallel, unter denen, vom Standpunkt der Verhütung parasitärer Erkrankungen betrachtet, die Umstimmung der Bodenreaktion im Mittelpunkt des Interesses steht. Ebenso wie die höheren Pflanzen zeigen auch ihre Parasiten in ihrer Entwicklung eine mehr oder minder ausgesprochene Abhängigkeit von der Bodenreaktion. Für eine große Reihe von Schädlingen ist diese neuerdings von Schaffnit und Meyer-Hermann[2]) untersucht worden.

Sie unterscheiden vier Gruppen, die litrophile, die mesantypiphile, die oxyphile und die astatische Gruppe, je nachdem ob alkalische, neutrale oder saure Bodenreaktion bevorzugt wird oder der Reaktionsbereich nicht eng begrenzt ist.

Kennen wir die Reaktionsansprüche der Wirtspflanze einerseits, ihres Parasiten andererseits und differieren diese hinreichend voneinander, so muß es durch entsprechende Abstimmung der Bodenreaktion gelingen, einem Befall wirksam vorzubeugen. Auch in diesem Falle haben wir es lediglich mit einer scheinbaren Änderung der Anfälligkeit zu tun. Dem Parasit werden die für seine Entwicklung erforderlichen Entwicklungsbedingungen entzogen, diejenigen für die Pflanze möglichst vorteilhaft gestaltet.

Das lehrreichste Beispiel in dieser Beziehung ist *Plasmodiophora brassicae.* Nach den Untersuchungen von Schaffnit und Meyer-Hermann gehört dieser Pilz zur Gruppe der Oxyphilen. Soll die Infektion der Pflanze vollkommen verhütet werden, so muß ein ph-Wert von über 7,5 angestrebt werden. Die dazu erforderlichen Kalkmengen führen jedoch leicht die Gefahr einer Überkalkung herbei, die ihrerseits wieder unmittelbare Schädigungen der Pflanzen hervorrufen kann. Bremer[3]) hat nun gezeigt, daß auch eine Neutralhaltung des Bodens bereits genügt, um der Erkrankung wirksam vorzubeugen. In einem solchen Boden ist nämlich das Schlüpfen der Sporen gehemmt. Das hat eine Verringerung der Infektionsmöglichkeit und damit auch geringe Vermehrungsmöglichkeit zur Folge, so daß die Sporenzahl mit der Zeit immer mehr abnimmt.

Schaffnit und Meyer-Hermann empfehlen auf Grund ihrer Untersuchungen bei Parasiten wie *Rhizoctonia violacea* und *Plasmodiophora brassicae* nach voraufgegangener

---

[1]) Peters, L, Der Wurzelbrand der Rüben. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugbl. 44, 1929.

[2]) Schaffnit, E. und Meyer-Hermann, K., Einfluß der Bodenreaktion auf die Lebensweise von Pilzparasiten und das Verhalten ihrer Wirtspflanzen. Phytopath. Ztschr. **2**, 1930, 103.

[3]) Bremer, H., Untersuchungen über Biologie und Bekämpfung des Erregers der Kohlhernie, *Plasmodiophora brassicae Woronin.* 2. Mitt.: Kohlhernie und Bodenazidität. Landw. Jahrb. **59**, 1924, 682.

Kalkung die Reaktionsumstimmung auch durch Zugabe von physiologisch-alkalischen Düngemitteln zu fördern, bei nichtsäureverträglichen wie *Fusarium nivale*, *Ophiobolus graminis* und *Typhula graminum* aber physiologisch saure Düngemittel zu wählen. Korff[1]) führt eine große Reihe weiterer Beispiele an, in denen Kalken des Bodens dem Befall der Pflanzen durch Parasiten vorbeugen soll. Er meint, da saure Bodenbeschaffenheit erfahrungsgemäß insbesondere Pflanzenkrankheiten pilzlicher Natur sowie die Ansiedlung tierischer Bodenschädlinge begünstige, gelte die Beseitigung der sauren Bodenreaktion durch Kalk als sicher wirkende Maßnahme, um namentlich jene Pflanzen gesund zu erhalten, die gegen Säure empfindlich sind, was für die meisten unserer Kulturgewächse zutreffe. Ob diese Auffassung wirklich gerechtfertigt ist, muß zweifelhaft erscheinen. Zum mindesten kann sie experimentell vorerst nicht als ausreichend gesichert angesehen werden. Im Gegenteil, die von Schaffnit und Meyer-Hermann untersuchten Pilze zeigten weitaus in der Mehrzahl Neigung zur Bevorzugung alkalischer Bodenreaktion, während die Zahl der Pilze, die ausgesprochen saure Bodenreaktion bevorzugen, sehr gering ist. Demgemäß müßte sogar eher oder mindestens mit dem gleichen Recht eine Begünstigung saurer Bodenreaktion parasitären Erkrankungen vorbeugen. Im Einklang damit stehen Beobachtungen Eichingers[2]), der durch Anwendung von physiologisch sauren Düngemitteln wie schwefelsaurem Ammoniak, schwefelsauren Kalisalzen und Superphosphat den Schorf der Kartoffeln völlig oder nahezu zum Verschwinden bringen konnte, während physiologisch alkalische Düngemittel ihn begünstigten.

Eine Abhängigkeit tierischer Parasiten von der Bodenreaktion war bislang überhaupt nicht nachgewiesen. Blunck und Merkenschlager[3]) haben erst 1925 das ihres Wissens erste Beispiel für eine solche mitgeteilt, indem sie beobachteten, daß die Larven von *Agriotes*-Arten sich zum weitaus größten Teil unabhängig von der Art und Wüchsigkeit des Pflanzenbestandes im Acker in den Bezirken schwächster Basizität gesammelt hatten und auch vor ausgesprochen sauren Böden nicht zurückgeschreckt waren.

Es besteht also, von Einzelfällen abgesehen, im allgemeinen wenig Aussicht, dem Auftreten parasitärer Erkrankungen dadurch vorbeugen zu können, daß man eine Änderung der Bodenreaktion in einer die Entwicklung des Parasiten ungünstig beeinflussenden Richtung anstrebt.

Schließlich ist noch die Frage zu beantworten, wie weit eine wirkliche Änderung der Anfälligkeit der Pflanze durch Umstimmen der Bodenreaktion zu erzielen ist.

Durch Versuche mit Pilzen, die nur an oberirdischen Pflanzenteilen auftreten wie *Erysiphe graminis* und *Helminthosporium sativum*, konnten Schaffnit und Meyer-Hermann[4]) einwandfrei diese Möglichkeit nachweisen. Der Befall des Weizens durch beide Parasiten wurde durch alkalische Bodenreaktion stark erhöht, durch saure stark gemindert. Das Umgekehrte beobachteten sie bei *Bacterium tabacum*. Mit sinkender Azidität wurden die Blattinfektionsflächen kleiner und blieben scharf gegeneinander abgegrenzt. Fischer und Gäumann[5]) nehmen den Nachweis der wirklichen Resistenzänderung der Wirtspflanze durch die Düngung auch für *Plasmodiophora brassicae* als erwiesen an sowie für *Phoma betae*, die, wie erwähnt, nach ihrer Auffassung eine entscheidende Rolle beim Auftreten der Herzkrankheit der Zuckerrübe spielt.

Demnach steht die Möglichkeit, die Resistenz unserer Kulturpflanzen durch

---

[1]) Korff, G., Kalk als Pflanzenschutzmittel. Berlin 1929.

[2]) Eichinger, Kartoffelschorf und Düngung. II. Superphosphat 1932, **8**, 10—17.

[3]) Blunck, H. und Merkenschlager, F., Zur Ökologie der Drahtwurmherde. Nachrichtenbl. f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst **5**, 1925, 95—98.

[4]) Schaffnit, E. und Meyer-Hermann, K., Einfluß der Bodenreaktion auf die Lebensweise von Pilzparasiten und das Verhalten ihrer Wirtspflanzen. Phytopath. Ztschr. **2**, 1930, 107.

[5]) Fischer, E. und Gäumann, E., Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Jena 1929, S. 44.

Änderung der Bodenreaktion zu erhöhen, außer Zweifel. Ob sie praktisch freilich von Bedeutung ist, erscheint fraglich im Hinblick auf das Verhalten des Weizens, der gerade bei der ihm am meisten zusagenden Bodenreaktion den stärksten Befall zeigte. Wenn diese Beobachtung natürlich auch in keiner Weise verallgemeinert werden darf, so muß doch vor übertriebenen Hoffnungen auf Verhütung parasitärer Erkrankungen durch Änderung der Bodenreaktion gewarnt werden. Arrhenius[1]) glaubt deshalb, das einzige, was man im allgemeinen machen könne, sei, daß man den Wirtspflanzen möglichst gute Lebensbedingungen schaffe. Selbst in Fällen, in denen Auftreten und Verbreitung von Bodenparasiten durch ungeeignete Bodenreaktion bedingt ist, darf ihre Unterdrückung, wie Schaffnit und Meyer-Hermann[2]) betonen, nie einseitig vom Standpunkt der Bodenreaktion allein aus beurteilt werden. Dagegen betrachten auch sie beim Auftreten aller durch Bodenparasiten hervorgerufenen Krankheiten als eine Maßnahme von grundsätzlicher Bedeutung die reichliche Zufuhr solcher Nährstoffe, welche die Pflanze in besonderem Maße zur Regeneration befähigen. Das gilt nach ihren Beobachtungen namentlich vom Stickstoff und auch von der Phosphorsäure.

Dem Kalk ähnlich hinsichtlich der Vielartigkeit ihrer Wirkung sind die natürlichen Düngemittel, auf die hier noch kurz eingegangen werden muß, soweit besondere Belange der Pflanzenhygiene es erfordern. Für die reine Nährstoffzufuhr gelten naturgemäß die bereits ausführlich erörterten Zusammenhänge, wobei der Hinweis Reinmuths[3]) zu beachten ist, daß insbesondere hohe Stallmist-, Jauche- und Fäkaliengaben unter Umständen eine einseitige Stickstoffwirkung mit ihren hygienisch nachteiligen Folgen auslösen können. Nicht hoch genug bewertet und eingeschätzt werden kann nach Honcamps[4]) Überzeugung die physikalische Wirkung der natürlichen Düngemittel, die sich den künstlichen gegenüber auch durch einen besonders starken biologischen Einfluß auf den Boden auszeichnen. Daß damit wichtige Voraussetzungen für eine gesunde Entwicklung der Pflanzen erfüllt werden, bedarf kaum der Erwähnung. In dieser Hinsicht braucht nur an die früheren Ausführungen über Bodenverbesserung und Bodenbearbeitung erinnert zu werden. Honcamp führt aber auch eine ganze Reihe von ungünstigen Folgen bei unsachgemäßer Anwendung der natürlichen Dünger an, deren Vermeidung naturgemäß auch pflanzenhygienisch von Wichtigkeit ist. Daß unter Umständen sogar eine an sich vorteilhafte Beeinflussung des Bodens durch natürlichen Dünger parasitäre Erkrankungen begünstigen kann, zeigt das Beispiel des Wurzelschimmels an Reben.

Müller[5]) hält es für nützlich, auf Wurzelschimmelherden nicht mit Stallmist oder Kompost

[1]) Arrhenius, O., Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig 1926, S. 67.

[2]) Schaffnit, E. und Meyer-Hermann, K., Einfluß der Bodenreaktion auf die Lebensweise von Pilzparasiten und das Verhalten ihrer Wirtspflanzen. Phytopath. Ztschr. **2**, 1930, 162—163.

[3]) Reinmuth, E., Düngung, Düngemittel und Pflanzenschutz. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre. II. Berlin 1931, S. 891.

[4]) Honcamp, F., Düngung und Düngemittel. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre II. Berlin 1931, S. 17.

[5]) Müller, K., Wurzelschimmel. Weinbaulexikon. Berlin 1930, S. 989.

zu düngen. Als Begründung führt er an anderer Stelle an,[1]) daß der Stalldung die Feuchtigkeit im Boden zurückhalte, sich nur langsam zersetze und für das Wachstum von *Rosellina necatrix* vorzügliche Bedingungen schaffe.

Von manchen Seiten wird nun eine solche Förderung des Auftretens parasitärer Erkrankungen in größerem Umfange befürchtet.

So meint Reinmuth[2]), durch reichliche Stallmistzufuhr könne der Boden eine Brutstätte für pilzliche und tierische Schädlinge werden. Es sei eine allgemeine Erfahrungstatsache, daß die auf frisch mit Stallmist gedüngten Böden angebauten Gewächse meist stärker unter bestimmten Krankheiten und Schäden zu leiden hätten als nicht gedüngte bzw. mit künstlichen Düngemitteln behandelte Flächen. Reinmuth empfiehlt deshalb zur Vermeidung der Anlockung tierischer Parasiten durch den Geruch des organischen Düngers diesen zu stark anfälligen Kulturen schon zur Vorfrucht oder mindestens im Herbst zu geben und ihn gegebenenfalls tiefer unterzubringen. Jauchedüngungen unmittelbar vor oder während der Flugzeit von schädlichen Insekten seien zu vermeiden. Müller und Molz[3]) raten von einer frischen Stallmistdüngung im Frühjahr ab, da diese das Auftreten von *Agrotis segetum* fördere. Molz[4]) hat den gleichen Einfluß von Pferdemist auf *Bibio hortulanus* beobachtet. Rambousek[5]) empfiehlt, Stalldünger zu Rüben zu vermeiden, da er die Rübenfliege anlocke, während Baudys[6] und Uzel[7]) aus dem gleichen Grunde dafür eintreten, ihn wenigstens im Herbst tief unterzupflügen. Illing[8]) hält organischen Dünger für unbedingt notwendig, möchte ihn aber in Form von „Edelmist" geben, der keine Anlockung mehr ausübe. Kreuzpointner[9]) glaubt, daß mit Stallmist oder Jauche, besonders durch schlechtes Material und falsche Anwendung im Frühjahr die günstigsten Bedingungen für Pflanzenkrankheiten geschaffen würden. Alle Maßnahmen gegen die Kohlhernie sind seiner Überzeugung nach nutzlos, solange dem Kohl Stallmist oder Jauche gegeben wird.[10]) Auch Boshart[11]) meint, fortgesetzte Stallmistdüngung, wie sie im Gartenbau üblich sei, scheine den Boden geradezu zu einer Brutstätte für *Plasmodiophora brassicae* zu machen. Ob diese verschiedenen Befürchtungen wirklich gerechtfertigt sind, muß vorerst fraglich erscheinen, zum mindesten soweit es die Anlockung von Insekten durch Geruch betrifft. Bremer und Kaufmann[5-7]) haben darauf aufmerksam gemacht, daß der exakte Nachweis einer Anziehungskraft tierischen Düngers auf *Pegomyia hyoscyami* in keinem Fall erbracht worden sei. Berger[12]) bezeichnet es geradezu als einen Irrtum in der Schädlingsplage, daß starke Düngung mit kräftig riechenden Dungstoffen gewisse für den Anbau einiger Gemüsearten sehr nachteilige Schädlinge anlocke. Er hat den Anbau von Karotten jahrelang wegen Befall mit *Psila rosae* aussetzen und eine zu 95% von *Chortophila brassicae* heimgesuchte Blumenkohlpflanzung

---

[1]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. Karlsruhe 1922, S. 85.

[2]) Reinmuth, E., Düngung, Düngemittel und Pflanzenschutz. Handb. d. Pflanzenernährung u. Düngerlehre II. Berlin 1931, S. 892.

[3]) Müller, H. C. und Molz, E., Beobachtungen über das Auftreten der Erdraupen der Saateule *(Agrotis segetum Schiff.)* im Jahre 1917. Ztschr. f. angew. Entomol. **5**, 1919, 43—46.

[4]) Molz, E., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Gartenhaarmücke *(Bibio hortulanus L.)*. Ztschr. f. angew. Entomol. **7**, 1921, 92—96.

[5-7]) Nach Bremer, H. und Kaufmann, O., Die Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyami Pz.* Berlin 1931, S. 89.

[8]) Illing, O., Schädlingsplagen durch organischen Dünger. Obst- und Gemüsebau **76**, 1931, 110—111.

[9]) Kreuzpointner, J., Mehr natürliche Schädlingsbekämpfung auch im Gemüsebau. Obst- u. Gemüsebau **76**, 1930, 59.

[10]) Kreuzpointner, J., Kohlhernie und Düngung. Ernährung d. Pflanze **27**, 1931, 172—173.

[11]) Boshart, K., Richtige Ernährung und Düngung als Grundlage gesunden Pflanzenwachstums im Gemüsebau. Prakt. Blätter für Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **7**, 1930. 267.

[12]) Berger, F., Ein Irrtum in der Schädlingsplage. Lehrm. im Garten u. Kleintierhof **24**, 1926, 437.

erneuern müssen, obwohl er nur gute Komposterde und Mineraldünger, aber keine stark riechenden Dungstoffe verwandte.

Die Verhältnisse liegen also keineswegs so eindeutig, wie von manchen Seiten angenommen wird. Deshalb können auch über die allgemein gültigen Richtlinien für eine sachgemäße Anwendung der natürlichen Düngemittel hinaus schwerlich Vorschriften zur Verhütung parasitärer Erkrankungen gegeben werden, für deren Aufstellung die Ausarbeitung exakter Unterlagen Voraussetzung ist. Solche liegen aber bisher nur in vereinzelten Fällen vor. Hier seien vor allem die Versuche von Molz[1]) mit *Heterodera Schachtii* erwähnt.

Er hat festgestellt, daß Pferde-, Kuh- und Schafmist sich den Nematodenzysten gegenüber indifferent verhalten, Ziegen- und Taubenmist vielleicht eine gewisse Wirkung ausüben, Abortdünger dagegen zwar nicht bei Kontaktwirkung, wohl aber bei Geruchswirkung die Zahl der ausgeschlüpften Larven sicher erhöht. Molz warnt deshalb davor, Abortdünger vor der Rübenbestellung zu geben, da er den Nematodenbefall stark vermehren könne.

Der ungünstige Einfluß des Stallmistes auf pilzparasitäre Erkrankungen ist in neuester Zeit von Flachs und Kronberger[2]) an Hand des Auftretens der Kohlhernie experimentell geprüft worden.

Sie sind zu der Erkenntnis gelangt, daß Überdüngung eines Bodens mit Stallmist, wie sie bisher besonders in Gartenbetrieben üblich war, eine erhebliche Störung im Gleichgewichtszustand der Arten der Organismenflora des Bodens bedingt. Der dabei entstehende Schwefelwasserstoff bewirkt eine Änderung in der Zusammensetzung der Mikroflora des Bodens. Dadurch wird generell auch eine Schwächung der Umsetzungsprozesse in ihm herbeigeführt und so das Auftreten der Kohlhernie und wahrscheinlich auch anderer Pflanzenkrankheiten pilzparasitärer Art ganz wesentlich begünstigt.

Daß die Verwendung natürlicher Düngemittel noch in anderer Hinsicht nachteilig werden kann, sei hier nur angedeutet.

Gassner[3]) hat darauf aufmerksam gemacht, daß lokales Rostauftreten in Getreidefeldern an solchen Stellen, die stark mit organischem Dünger gedüngt sind, mit Verschiedenheiten der im Boden frei werdenden Kohlensäure in Zusammenhang stehen kann. Praktische Schlußfolgerungen dürften aus dieser Vermutung aber kaum zu ziehen sein. Weiter ist bekannt, daß die natürlichen Düngemittel zum Überträger von Krankheitserregern und Unkrautsamen werden können.

Sachgemäße Behandlung bietet aber auch gegen diese Gefahren weitgehenden Schutz. Andererseits sei noch auf eine günstige Folge der Gründüngung hingewiesen; nach allgemeiner Auffassung dämmt sie das Auftreten des Kartoffelschorfes ein.[4])

Die Betrachtungen über die Düngung im Rahmen der Pflanzenhygiene dürften zur Genüge gezeigt haben, daß ihre richtige Durchführung die Gesunderhaltung

---

[1]) Molz, E., Reizphysiologische Versuche zur Bekämpfung der Rübennematoden *(Heterodera Schachtii)*. Fortschr. d. Landw. **3**, 1928, 337—346.

[2]) Flachs, K. und Kronberger, M., Zum Kohlhernieproblem. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **8**, 1931, 114.

[3]) Gassner, G., Die Frage der Rostanfälligkeit als ernährungsphysiologisches Problem. Angew. Botanik **9**, 1927, 539.

[4]) Schlumberger, O., Über das Verhalten der Kartoffelsorten gegen Schorf. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **42**, 1927, 200—202. — Millard, W. A. and Taylor, C. B., Antagonism of microorganisms as the controlling factor in the inhibition of scab by greenmanuring. Ann. appl. Biology **14**, 1927, 202—216.

unserer Pflanzenbestände in hohem Maße zu fördern vermag. Auf der anderen Seite muß vor übertriebenen Erwartungen gewarnt werden; auch hier gilt die früher zitierte Mahnung v. Rümkers, alle in Betracht kommenden Faktoren in jedem Einzelfall sorgfältig abzuwägen. Wohin eine Überschätzung der in der Düngung gebotenen pflanzenhygienischen Möglichkeiten führen kann, mag folgendes Beispiel zeigen. Gold[1]) erwähnt die Auffassung verschiedener hervorragender Autoritäten über die Aussichten der Reblausbekämpfung und scheint diese sich auch selbst zu eigen zu machen. Aus der Erkenntnis, daß die vollständige Vernichtung der Reblaus unmöglich sei, wird empfohlen, die Summen, die alljährlich zur Bekämpfung dieses Schädlings vom Staate geopfert werden, zum Ankauf von künstlichen Düngemitteln zu verwenden; dem Weinbau würde dadurch bestimmt mehr gedient werden. Demgegenüber verdient der von Schaffnit und Volk[2]) eingenommene Standpunkt nachdrückliche Unterstreichung, daß alle durch die Ernährung verursachten modifikativen Veränderungen in der Resistenz der Pflanze, soweit es sich um deren innere Konstitution handelt, sehr viel weniger in die Waagschale fallen wie die durch erbliche Merkmale fixierte Disposition der Sorten unserer Kulturpflanzen.

### c) Die Pflanze als unmittelbares Objekt hygienischer Kulturmaßnahmen

Die bisher besprochenen pflanzenhygienischen Kulturmaßnahmen beschäftigen sich durchweg mit dem Standort der Pflanze. Daneben bietet uns nun auch diese selbst weitgehende Möglichkeiten, ihrer Erkrankung auf dem gleichen Wege vorzubeugen. Das ist teilweise bei der Standortsberücksichtigung schon angedeutet. Dort wurde schon darauf hingewiesen, daß das ökologische Optimum für die Pflanze weniger durch Wahl eines entsprechenden Standorts als vielmehr durch Auswahl von dem Standort angepaßten Kulturpflanzen zu erreichen sein wird. Richtige Arten- und Sortenwahl bilden deshalb gewissermaßen den Übergang zwischen den beiden Hauptgruppen pflanzenhygienischer Kulturmaßnahmen. Ihnen schließen sich Saat- und Pflanzgutauslese, Saatzeit- und -tiefe, Standweite, Pflege während des Wachstums, Erntezeit und Beseitigung der Ernterückstände an als Maßnahmen, die ausschließlich die Pflanze zum Objekt haben.

#### 1. Fruchtwechsel

Die Erörterung der Standortsberücksichtigung hat als grundlegende Voraussetzung für eine gesunde Entwicklung der Pflanzen möglichst weitgehende Übereinstimmung zwischen den Wachstumsbedingungen des Standorts und den Ansprüchen der anzubauenden Pflanzen ergeben. Nun wissen wir, daß die Pflanzen selbst die jeweiligen Wachstumsbedingungen in nicht unerheblichem Maße zu verändern vermögen. Wiederholter Anbau einer Pflanzenart auf demselben Boden kann zu starkem Absinken der Erträge und krankhaften Wachstumsstörungen führen, jener Erscheinung, die früher unter dem Begriff der

---

[1]) Gold, H., Pflanzenschädlinge und Pflanzenernährung. Erf. Führer i. Obst- und Gartenbau **23**, 1923, 338—339.

[2]) Schaffnit, E. und Volk, A., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschieden ernährter Pflanzen. Landw. Jahrb. **67**, 1928, 329.

Bodenmüdigkeit besprochen worden ist. Zu diesen extremsten Wirkungen ständiger Aufeinanderfolge derselben Pflanzenart braucht es allerdings nicht immer zu kommen. Wir wissen, daß die einzelnen Pflanzenarten sich in der Unverträglichkeit mit sich selbst weitgehend voneinander unterscheiden. Roggen und Kartoffeln auf der einen Seite, Klee und Lein auf der anderen Seite können als Vertreter größter Verträglichkeit bzw. Unverträglichkeit mit sich selbst angesehen werden, zwischen die sich die anderen Pflanzenarten eingliedern. Um diesen nachteiligen Folgen fortgesetzten Anbaus derselben Fruchtart vorzubeugen, ist Fruchtwechsel unerläßlich, der naturgemäß um so zwingender wird, je weniger verträglich die Frucht mit sich selbst ist. Dabei zeigt jede einzelne Pflanzenart eine mehr oder minder spezifische Eignung als Vorfrucht, die wiederum modifiziert wird durch die Ansprüche der ihr folgenden Art.

Allgemeine Richtlinien für die Gestaltung des Fruchtwechsels an dieser Stelle zu geben, erübrigt sich, da sie in der landwirtschaftlichen Fachliteratur ausführlich behandelt worden sind. Allerdings ist das Problem der Fruchtfolge hier meistens vom Standpunkt der Betriebslehre erörtert worden, auf deren Gebiet seine wichtigsten Seiten liegen. v. Rümker[1]) hat als erster die physiologisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen in den Vordergrund seiner Darstellung zu rücken versucht, bei der die betriebswirtschaftlichen Belange nur als notwendige Ergänzung oder Korrektur herangezogen worden sind. Insofern sind also Müller und Molz[2]) durchaus im Recht, wenn sie 1919 meinen, immer deutlicher trete in der Landwirtschaft die Notwendigkeit einer sorgfältigen Beachtung des Fruchtwechsels unter pflanzenhygienischen Gesichtspunkten hervor; es werde nötig sein, dieses Moment zukünftig bei Aufstellung von Fruchtfolgen gebührend zu berücksichtigen. Andererseits dürfte diese Auffassung dem wahren Wesen der Pflanzenhygiene nicht ganz gerecht werden, da die beiden Autoren dabei offensichtlich nur die Verhütung des Auftretens von tierischen Parasiten oder zum mindesten von parasitären Erkrankungen im Auge haben. Der Begriff der Pflanzenhygiene ist aber, wie hier nicht mehr ausgeführt zu werden braucht, wesentlich weiter zu fassen. Letzten Endes dient der gesamte Fruchtwechsel, mögen auch andere Gesichtspunkte bei seiner Gestaltung maßgebenden Einfluß ausüben, lediglich pflanzenhygienischen Zielen; er muß geradezu als eine der ältesten pflanzenhygienischen Maßnahmen angesehen werden. Wenn trotzdem hier lediglich auf die Erörterung der Frage eingegangen wird, wie weit parasitären Erkrankungen durch eine zweckmäßige Fruchtfolge vorgebeugt werden kann, so hat das insofern seine Berechtigung, als nichtparasitäre Erkrankungen, soweit sie sich aus einer ungeeigneten Fruchtfolge ableiten, durch deren Umgestaltung nach den allgemein gültigen Grundsätzen ohne weiteres verhütet werden.

Bis zu einem gewissen Grade wird man dadurch auch parasitären Erkrankungen begegnen können, indem eine günstige Stellung in der Fruchtfolge abnormer Prädisposition vorbeugen wird.

[1]) Rümker, K. v., Über Fruchtfolge. Berlin 1906, S. 5.

[2]) Müller, H. C. und Molz, E., Beobachtungen über das Auftreten der Erdraupen der Saateule *(Agrotis segetum Schiff.)* im Jahre 1917. Ztschr. f. angew. Entomol. **5**, 1919, 45.

Als besonders charakteristisches Beispiel für den Einfluß der Fruchtfolge auf die Prädisposition für parasitäre Erkrankungen sei die Schwarzbeinigkeit des Weizens genannt, deren Ursache man heute, wie früher erwähnt, in erster Linie in ungünstigen Standortsbedingungen sucht, die einen Befall durch *Ophiobolus graminis* nach sich ziehen. Crüger[1]) bezeichnet vom Standpunkt der Vermeidung der Schwarzbeinigkeit als günstigste Vorfrucht Erbsen, der sich in absteigender Reihenfolge Hafer, Kartoffeln, Rüben, Weizen, Rübsen und Raps, Schwarzbrache, Kleegras, Klee, Wickgemenge, Roggen, Gerste anschließen. Die nachteilige Wirkung der sonst so günstigen Vorfrüchte Klee, Wickgemenge, Schwarzbrache, Raps und Rübsen führt er darauf zurück, daß durch diese Vorfrüchte, die durch sie hervorgerufene Schattengare und die mit ihrem Anbau verbundene sorgfältige Bodenbearbeitung verhältnismäßig viel Stickstoff in den Boden gebracht wird, ohne daß für entsprechende Zugabe von Kali und Phosphorsäure Sorge getragen wird. Das Mitsprechen der verschiedensten Faktoren macht auch die vielfachen Widersprüche in der Bewertung der Fruchtfolge erklärlich, und Crüger gibt deshalb der von ihm genannten Vorfruchtreihe nur für ostpreußische Verhältnisse Gültigkeit. Immerhin dürfte sie zum mindesten hinsichtlich der ungünstigen Wirkung von Roggen und Gerste, denen in der Mehrzahl der Fälle noch der Weizen zugesellt wird, allgemeine Anerkennung erfahren. So kommt Blunck[2]) zu der Zusammenfassung: „Je reicher die Fruchtfolge an Nichtgetreide, um so geringer, und umgekehrt, je reicher sie an Halmfrucht, um so größer ist die Gefährdung des Weizens durch Fußkrankheiten."

Neben der Beeinflussung der abnormen Prädisposition der Pflanze sind nun noch eine ganze Anzahl anderer Gesichtspunkte zu berücksichtigen, wenn wir durch die Fruchtfolge dem Auftreten parasitärer Erkrankungen entgegenarbeiten wollen. Allerdings ist es nicht immer ganz leicht, die Fruchtfolge als pflanzenhygienische Kulturmaßnahme scharf abzugrenzen. Im Kampf gegen die parasitären Erkrankungen werden ihr nämlich sehr verschiedene Aufgaben zugewiesen. Ein Beispiel mag das erläutern.

Es ist bekannt, daß nematodenverseuchte Rübenschläge eine besondere Fruchtfolge erfordern. Dabei spielen vor allem die sog. Feindpflanzen eine wichtige Rolle. Sie reizen die Larven zum Schlüpfen, ohne ihnen aber selbst als Wirtspflanzen zu dienen, und verringern so mehr oder minder stark die Verseuchung.[3]) Die Einschaltung der Feindpflanzen in die Fruchtfolge stellt also ein biologisches Bekämpfungsverfahren dar, das an anderer Stelle dieses Bandes zu besprechen ist. Gleichzeitig ist in ihm jedoch eine zwar auch zur Pflanzenhygiene gehörige, aber als Bodenentseuchung zu bezeichnende Maßnahme zu sehen, die ebenfalls hier nicht zu erörtern ist. Eine pflanzenhygienische Kulturmaßnahme dagegen kann man in der Wahl der Fruchtfolge insofern erblicken, als die Standortsbedingungen für die Rübe in einer bestimmten Richtung verbessert werden. Hiernach wird auch ohne weiteres klar, daß Aussetzen des Anbaus von Fruchtarten auf verseuchtem Boden zum Zwecke der Aushungerung und damit zur Vernichtung des Parasiten nicht zu den Kulturmaßnahmen zu rechnen ist.

Als pflanzenhygienische Kulturmaßnahme gegen parasitäre Erkrankungen vermag die Fruchtfolge zunächst einmal stärkeren Schädigungen vorzubeugen, was in den zahlreichen Fällen von Bedeutung ist, in welchen der Krankheitserreger im Boden vorhanden ist. Rostrup und Thomsen[4]) erwähnen z. B., daß stärkere Schädigungen durch *Heterodera Schachtii subsp. rostochiensis*

---

[1]) Crüger, O., Schwarzbeinigkeit des Weizens. Superphosphat 6, 1930, 206—207.

[2]) Blunck, H., Die Umstellung im Getreidebau und die Pflanzenkrankheiten. Mitt. Deutsche Landw. Ges. 48, 1933, 288.

[3]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaus. Berlin 1927, S. 300.

[4]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 38.

nur dann zu erwarten sind, wenn Kartoffeln mehrere Jahre hintereinander auf demselben Platz gebaut werden, und Goffart[1]) meint geradezu, der Kartoffelnematode träte nur dort als Schädling auf, wo ein allzu häufiger Kartoffelbau ohne genügenden Fruchtwechsel stattfinde. Das Gleiche trifft für zahlreiche andere Schädlinge zu. Nur bei starker Anreicherung durch fortgesetzten Anbau kommt es zu schweren Schädigungen. Eine normale Entwicklung der Pflanzen ist dagegen hinreichend gewährleistet, wenn einer zu starken Anreicherung des Parasiten durch Fruchtwechsel vorgebeugt wird. Wenn Hollrung[2]) dabei ganz allgemein meint, im Lichte der Pflanzenheilkunde betrachtet, sei eine Fruchtfolge dann als zweckmäßig zu betrachten, wenn in ihr die besonderen Nährpflanzen eines gegebenen Schädigers im Laufe von vier Jahren höchstens einmal erscheinen, so kann diese Auffassung wohl als Richtlinie dienen. Im einzelnen bedarf aber die besondere Lebensweise des Erregers weitgehende Berücksichtigung.

Für die Durchführung des Fruchtwechsels ist nun wieder von ausschlaggebender Bedeutung, ob es sich um einen in seiner Wirtswahl eng begrenzten Schädling handelt oder um einen mehr oder minder plurivoren. Je mehr er auf bestimmte Wirtspflanzen spezialisiert ist, um so leichter wird sich der Fruchtwechsel durchführen lassen. Es kommt ja dann nur darauf an, die gefährdete Fruchtart nicht zu häufig wiederkehren zu lassen, während an geeigneten Fruchtarten für die Zwischenzeit kein Mangel ist.

So geben Stewart und Bateman[3]) an, daß bei Fruchtwechselversuchen in Utah die Ausschaltung des Rübenbaus auf nematodenverseuchtem Boden in einem Jahr eine leichte, in zwei Jahren eine bedeutende, in drei Jahren eine noch größere Ertragssteigerung zur Folge hatte und nach vier rübenfreien Jahren die Frucht wie auf einem gesunden Felde gedieh. Längere Zwischenräume vermochten den Ertrag nicht weiter zu steigern, so daß man nach diesen Versuchen in einer achtjährigen Rotation zweimal Rüben anbauen dürfte. Dieser Erfolg erklärt sich daraus, daß, wie neuerdings durch eingehende Untersuchungen[4]) festgestellt worden ist, im allgemeinen jede Heteroderenrasse nur Pflanzen ihres Wirtspflanzenkreises befällt, d. h. die Rübenrasse nur Chenopodiaceen und Cruciferen, die Haferrasse nur Gramineen, die Kartoffelrasse nur Kartoffeln und Tomaten. Unter gewissen Verhältnissen scheint allerdings eine Erweiterung der Wirtspflanzenkreise möglich zu sein, indem die bisherige Konstanz der Rassen von einigen Individuen durchbrochen wird, die auch an außerhalb des Wirtspflanzenkreises stehenden Pflanzen zur Zystenbildung kommen können. Goffart[5]) sieht deshalb in einem Überhandnehmen von pflanzenschädlichen Nematoden stets ein Zeichen unzweckmäßiger Fruchtfolge und bezeichnet eine gute Fruchtfolge als den besten Helfer im Kampf gegen die Nematodengefahr, für deren Einrichtung im einzelnen er ausführliche Ratschläge gibt.[6]) Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der anderen Älchengattung *Tylenchus*,

[1]) Goffart, H., Über die Biologie und die Bekämpfung des Kartoffelnematoden *(Heterodera schachtii Schmidt)*. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **21**, 1934, 105.

[2]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 54.

[3]) Stewart, G. and Bateman, A. H., Field studies of sugar beet nematode. Utah Agr. Exp. Sta. Bul. 195, 1926.

[4]) Goffart, H., Untersuchungen am Hafernematoden *Heterodera schachtii Schm.* III. Beitrag zu: Rassenstudien an *Heterodera schachtii Schm.* Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **20**, 1932, 19.

[5]) Goffart, H., Praktische Ergebnisse der neueren Forschungen über den Rüben- und Hafernematoden. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **48**, 1933, 1029.

[6]) Goffart, H., Rübennematoden und verwandte Formen: Hafer- und Kartoffelnematoden. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 11, 1932.

deren Spezies *T. dipsaci* die landwirtschaftlich wichtigen Rassen Klee-, Luzerne- und Stockälchen umfaßt. Die Versuche von Rostrup[1]) haben gezeigt, daß zwar selbst eine sehr lange Fruchtfolge vor Befall durch das Kleeälchen nicht zu schützen vermag, wohl aber im Vergleich zur kurzen Fruchtfolge diesen bedeutend herabzusetzen vermag. Den an sich gesunden Bestrebungen auf Ausdehnung des deutschen Ölfruchtbaues gegenüber warnt Rademacher[2]) vor seiner planlosen Wiedereinführung, da dadurch die Schädlinge der Ölfrüchte in wenigen Jahren sich auf einen den Ernteertrag gefährdenden Bestand vermehren würden. Er schlägt vor, daß der Anbau nach einem bestimmten Plan gegendenweise für ein bis höchstens zwei Jahre zugelassen wird und dann für die gleiche Zeit dort gänzlich unterbleibt.

Je weniger der Parasit in seiner Wirtswahl begrenzt ist, um so schwieriger wird es, die Fruchtfolge so zu gestalten, daß sie einer Anreicherung des Schädlings vorbeugt, da naturgemäß dann immer mehr Pflanzenarten ausscheiden müssen, die zwischen den anfälligen angebaut werden können.

Wenn z. B. Fruchtwechsel zur Milderung der Schäden von *Rhizoctonia violacea* an Luzerne empfohlen wird, so macht demgegenüber Hiltner[3]) mit Recht darauf aufmerksam, daß der Pilz nicht nur auf Klee und anderen Hülsenfrüchten, sondern auch auf Kartoffeln, Rüben, Möhren und anderen Pflanzenarten vorkommt, so daß demnach nur der Anbau von Getreide in Frage kommt.

Die Anreicherung braucht nun keineswegs nur durch die mehr oder minder dichte Folge von Wirtspflanzen bedingt zu sein, sondern kann auch in andersartiger Begünstigung der Entwicklung der Schädlinge ihren Grund haben.

So beobachtete Jaroslawzew)[4], daß Felder mit drei- und vierjährigem Kleeschlag eine Vermehrung von Drahtwürmern, Schnaken und Ackerschnecken begünstigen und zu ihrer Anhäufung in der Fruchtfolge führen. Diese Anreicherung führt er auf die günstigen ökologischen Verhältnisse im Kleeschlag zurück, dichte Grasbodendecke, Verfilzung des Bodens und erhöhten Feuchtigkeitsgehalt im oberen Bodenhorizont. Er empfiehlt daher eine nur zweijährige Nutzung des Kleeschlages, um dadurch die Möglichkeit einer Schädlingsvermehrung zu verringern.

Neben der Verhütung der Anreicherung kann uns eine zweckmäßige Fruchtfolge in den Stand setzen, dem Auftreten mancher Parasiten überhaupt vorzubeugen.

Es ist bekannt, daß *Hylemyia coarctata* ihre Eier nur in offenen Boden ablegt. Die Fliege tritt deshalb in solchen Getreideschlägen am meisten auf, die nach Brache, Frühkartoffeln, Raps, Rübsen und ähnlichen das Feld früh räumenden oder auch das Feld spät[5]) schließenden Früchten wie Steckrüben stehen. Deshalb warnen Becker und Blunck[6]) vor dem Anbau des Roggens nach Schwarzbrache, Kohlrüben, Buchweizen und Frühkartoffeln, während Rostrup und Thomsen[7]) empfehlen, die Winterung nach Futter-, Zucker- oder Mohrrüben zu bringen.

---

[1]) Rostrup, S., Forsog vedrorende Kloveraalens *(Tylenchus devastatrix)*. Levedygtighed i renbrakket Jord og nogle andre Undersogelser angaaende Kloveraal. Tidsskrift for Planteavl **32**, 1926, 726—774.

[2]) Rademacher, B., Gedanken zu der geplanten Ausdehnung des Ölfruchtbaues vom Standpunkt des Pflanzenschutzes. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **48**, 1933, 520.

[3]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 190.

[4]) Jaroslawzew, G. M., Einfluß des Kleeschlages in der Fruchtfolge auf die Schädlingsvermehrung. Reports on appl. Entom. **4**, 1930, 319—334.

[5]) Appel, O., Getreidekrankheiten. 1931, Tafel 3.

[6]) Becker, I. und Blunck, H., Die Getreideblumenfliege in ihren Beziehungen zu Nässe, Bodenart und Vorfrucht. Landw. Wochenbl. f. Schlesw.-Holst. **77**, 1927, 1129—1133.

[7]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 313.

Demgegenüber betonen freilich Crüger und Körting[1]), daß nicht eine bestimmte Vorfrucht an sich als gefährlich hinsichtlich des Brachfliegenbefalls zu betrachten ist, sondern daß es dabei lediglich auf den Zustand des Feldes zur Zeit der Eiablage ankommt. Wenn Becker und Blunck angeben, daß die Getreideblumenfliege nach Halmfrucht im allgemeinen nur wenig zu fürchten ist, so konnten Crüger und Körting das Gegenteil feststellen, weil in den von ihnen untersuchten Fällen die Roggenstoppeln vor der Eiablage geschält waren. *Tylenchus tritici* lebt in Weizenkörnern, mit denen es teilweise bei der Ernte aus Ausfallkorn aufs Feld gelangt und nun, wenn wieder Weizen folgt, diesen aufs neue befallen kann. Andernfalls gehen die Älchen zugrunde, da sie bei eintretender Feuchtigkeit wieder aufleben und verhungern.[2]) Von größter Bedeutung ist die Vorfrucht für den Befall des Hafers mit *Tarsonemus spirifex*. Nach Beobachtungen in Nordschleswig genügt Gemenge als Vorfrucht, um Milbenbefall zu verursachen, während Dreschhafer fast nie Befall aufweist.[2])

Das Beispiel des Milbenbefalls bei Hafer weist noch auf andere Zusammenhänge hin, die für die Gestaltung der Fruchtfolge von großer Bedeutung werden können.

Rostrup und Thomsen teilen eine Beobachtung mit, nach welcher ein Haferschlag in einer Zone längs der Außenkante und 10—12 m in den Schlag hinein auf der Seite, wo er an ein vorjähriges Haferfeld angrenzte, starken Befall aufwies, während dieser dort, wo ein 1,5 m breiter, rein gehaltener Weg, ohne Pflanzenwuchs das Haferfeld von einer vorjährigen Weide trennte, deutlich schwächer war. Die Milben können also in Stoppelfeldern nach Hafer und Hafergemenge überwintern und leben, bis sie im nächsten Sommer in die neuen Haferfelder einwandern.

Wir müssen demnach nicht nur die Nacheinanderfolge der Früchte beachten, sondern gleichzeitig auch die Nebeneinanderfolge und durch zweckentsprechende Gestaltung der letzteren ungünstigen Nachbarwirkungen vorbeugen.

Molz[3]) macht z. B. darauf aufmerksam, daß mit Frühkartoffeln bepflanzte Felder die Ansteckung der angrenzenden Spätkartoffeln mit *Phytophthora infestans* begünstigen, und daß an Erbsenpläne angrenzende Luzernefelder nach Aberntung der Erbsen durch von diesen einwandernde Blattrandkäfer geschädigt werden. Baunacke[4]) empfiehlt Vermeidung des Rapsbaus in nächster Nähe von Feldern, die stark von *Meligethes aeneus* befallen gewesen sind. Bei Auftreten von *Zabrus tenebroides* ist nach Möglichkeit auch auf den angrenzenden Schlägen im nächsten Jahr der Anbau von Getreide zu vermeiden. Ein besonders anschauliches Beispiel für den Einfluß des Nachbarbaus auf das Auftreten von Krankheiten bildet der Übergang von *Erysiphe graminis* und *Puccinia glumarum* von Winter- auf Sommergerste und umgekehrt, wobei der dadurch verursachte Frühbefall mit Mehltau sich besonders nachteilig im ersteren Fall auswirkt, während die Wintergerste nicht so stark darunter leidet. Früher wurde bereits erwähnt, daß man in Dänemark die völlige Einstellung des Wintergerstenbaus empfohlen hat. Pape und Rademacher[5]) weisen demgegenüber darauf hin, daß man sich bei der hohen Wertschätzung, welche die Wintergerste in Deutschland genießt, zur Aufgabe ihres Anbaus auch in den gefährdeten Gebieten nicht entschließen wird, eher sogar den Sommergerstenbau einschränken wird. Es bleibt dann nur der Weg, daß man be-

---

[1]) Crüger, O. und Körting, A., Über die Eiablage der Getreideblumenfliege und die unmittelbare Voraussage ihres Schadauftretens. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz **41**, 1931, 59.

[2]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 25, 319.

[3]) Molz, E., Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzüchtung **5**, 1917, 170.

[4]) Nach Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 50.

[5]) Pape, H. und Rademacher, B., Erfahrungen über Befall und Schaden durch den Getreidemehltau *(Erysiphe graminis DC)* bei gleichzeitigem Anbau von Winter- und Sommergerste. Angew. Botanik **16**, 1934, 245.

nachbarten Anbau der beiden Gerstenformen nach Möglichkeit vermeidet, wobei die beiden Autoren die Frage noch offen lassen, wie weit die Sommergerste von der Wintergerste entfernt sein muß, um vor starken Frühinfektionen sicher zu sein. Interessante Untersuchungen über die Gefahr der Nachbarschaftswirkung im Obstbau verdanken wir Wiesmann.[1]) Danach bilden die drei Birnensorten „Diels Butterbirne", „Pastorenbirne" und „Theilersbirne" eine starke Schorfinfektionsquelle für die Sorte „Gute Luise", während umgekehrt stark infizierte Bäume der beiden letzten Sorten für die beiden ersten nur eine geringe Infektionsgefahr bedeuten.

Die Nebeneinanderfolge der Fruchtarten leitet schließlich über zu der Frage des Gemengebaues, bei dem die einzelnen Fruchtarten nicht mehr getrennt nebeneinanderstehen, sondern gewissermaßen ineinander geschoben sind und so ein Gemenge von Arten darstellen. Bekanntlich haben Forstmänner und Zoologen schon immer darauf hingewiesen, daß die Ursache für die großen Schädlingskalamitäten im Waldbau in der Monokultur zu suchen sei, d. h. der Anpflanzung von Wäldern, die ganz überwiegend aus nur einer einzigen Baumart bestehen. Das gilt namentlich für reine Nadelwälder.

Im Weinbau stellt sich nach Friederichs[2]) die chronische Raupenplage (Traubenwickler) in der Pfalz unzweifelhaft als Folge von Monokultur dar.

Friederichs kommt zu dem Schluß, daß Beseitigung der Monokultur — wenn sie allgemein möglich wäre — die Schädlingsplagen nicht aus der Welt schaffen, sondern nur einschränken könnte. Wir sollten uns dieses Mittels bedienen; die Anwendung anderer Mittel daneben sei aber bei dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis auch im Walde unentbehrlich und stehe in Feld und Garten vorläufig praktisch im Vordergrund. Hier weist ja die Monokultur gegenüber derjenigen im Wald- und Weinbau den wesentlichen Unterschied auf, daß sie überwiegend nur auf eine Vegetationsperiode beschränkt ist. Trotzdem sieht man auch hier schon seit langem als einen der Hauptvorzüge der Gemengesaat eine größere Sicherheit der Erträge an, die nicht zum wenigsten auf die geringere Gefährdung durch Pflanzenkrankheiten zurückgeführt wird.

Wollny[3]) meint 1885 in Anlehnung an Werner: „Die Gemengesaaten garantieren eine häufigere Wiederkehr auf demselben Felde, als dies bei Reinsaaten vieler derselben möglich wäre, weil sämtliche Momente für die Unverträglichkeit der Pflanzen mit sich selbst bei den Gemengesaaten auf ein Minimum reduzieren, infolgedessen ein öfterer Anbau sonst mit sich unverträglicher Gewächse im Gemenge statthaft ist. Tierische oder pflanzliche Feinde fügen den Gemengesaaten einen weniger erheblichen Schaden als den Reinsaaten zu, weil die einer bestimmten Pflanzenspezies nachteiligen Feinde die anderen unberührt lassen. Wird aber durch die teilweise Vernichtung einer Pflanzenart des Gemenges der Bestand weniger dicht, so gewinnen die übrigen Pflanzen Raum, sich kräftiger zu entwickeln und ersetzen daher zum Teil den Ausfall. Demnach werden die den einzelnen Pflanzenspezies nachteiligen Krankheiten in den Gemengen in mehr oder weniger engen Grenzen gehalten, so daß der durch sie verursachte Schaden im allgemeinen geringer wird."

---

[1]) Wiesmann, R., Untersuchungen über Apfel- und Birnenschorfpilz *(Fusicladium dentriticum [Wallr.] Fchl.* und *Fusicladium pirinum [Lib.] Fchl.)*. Landw. Jahrbuch d. Schweiz **45**, 1931, 109—156.

[2]) Friederichs, K., Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie. Bd. 2. Berlin 1930, S. 105.

[3]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 588.

Einwandfreie Angaben über diese Wirkung des Gemengebaues liegen allerdings kaum vor. Reinmuth[1]) hat neuerdings berichtet, daß in Reinsaat gebauter Hafer stärker unter *Oscinis frit* zu leiden hatte als im Gemenge mit Gerste gebauter, demnach eine Befallsverminderung durch die Gersteneinsaat wohl eintritt, dagegen in der Literatur erwähnte Beobachtungen nicht zutreffen, denen zufolge die Fritfliege Haferbestände, in welche Gerste eingesät ist, meiden soll. Kleine[2]) sieht in der Einsaat der Erbsen in ein Gemenge von Hafer und Gerste das einzige und durchschlagende Mittel zur Herabdrückung des Schadens durch *Grapholita dorsana*, während Nicolaisen[3]) den Wert dieser Maßnahme in Frage stellt.

Eine andere Form des Gemengebaues ist die Zwischenkultur, wie sie versuchsweise beim Mais gegen das Auftreten von *Pyrausta nubilalis* zur Anwendung gelangt ist.

Kunike[1]) hat bei Anbau von Kartoffeln zwischen den Maispflanzen starken Rückgang im Befall feststellen können. Das ist aber nur der Fall, wenn in nächster Nähe genügend reine Maiskulturen dem Falter zur Eiablage zur Verfügung stehen. Findet er dagegen in einem Anbaugebiet nur Zwischenkulturen, so erfolgt an deren Maispflanzen normale Eiablage und Schädigung.

Ist demnach die Zwischenkultur unter bestimmten Voraussetzungen geeignet, der Erkrankung der Pflanzen vorzubeugen, so kann sie unter Umständen aber auch dem Schädlingsbefall nicht nur nicht entgegenarbeiten, sondern ihn sogar erst verursachen oder steigern.

So beobachtete Mally[2]) nach Unterpflügen von grünen Erbsen im Obstgarten, die von *Chlorida obsoleta* stark befallen waren, schwere Schädigungen an den Birnbäumen.

## 2. Sortenwahl

Ist die Fruchtfolge festgelegt, so handelt es sich weiter darum, innerhalb der einzelnen Fruchtarten eine Auswahl nach bestimmten Gesichtspunkten zu treffen. Es wurde früher ausgeführt, daß ein dem ökologischen Optimum der Pflanze möglichst weitgehend entsprechender Standort weniger durch Wahl des letzteren als durch Auswahl ihm angepaßter Pflanzen anzustreben ist. Standortsberücksichtigung und Sortenwahl greifen insofern auf das engste ineinander und lassen sich nicht voneinander trennen; eins ist ohne das andere nicht denkbar. Die Gesichtspunkte, welche in Zukunft mehr in den Vordergrund zu rücken sind, um durch Sortenwahl dem ökologischen Optimum möglichst nahe zu kommen, sind bei der Standortsberücksichtigung eingehend dargelegt worden und brauchen deshalb hier nicht nochmals erörtert zu werden.

Dort ist auch eine weitere wichtige Aufgabe der letzteren erwähnt worden, die darin besteht festzustellen, wie weit ein Standort die Entwicklung von

---

[1]) Reinmuth, E., Die Beeinflussung des Fritbefalls durch Umwelt und Kultur. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **44**, 1934, 185.

[2]) Kleine, R., Wie läßt sich der Fraß von *Grapholita dorsana* vermeiden? Ztschr. f. angew. Entomol. **8**, 1922, 116.

[3]) Nicolaisen, W., Der Erbsenwickler, *Grapholita (Cydia, Laspeyresia) sp.*, sein Schaden und seine Bekämpfung unter besonderer Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Hafersorten. Kühn-Archiv **19**, 1928, 246.

[4]) Kunike, G., Das Auftreten des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hbn.)* im Boden im Jahre 1928. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **18**, 1931, 390—391.

[5]) Mally, C. W., A factor in green manuring. Journ. Dept. Agric. So. Africa **3**, 1921, 129—224.

Parasiten begünstigt, um dadurch die Möglichkeit zu gewinnen, ihn gegebenenfalls von vornherein nicht zum Anbau heranzuziehen. Ein derartiges Vorgehen kann freilich auf große Schwierigkeiten stoßen, wenn ein solcher Standort gleichzeitig für die Pflanze besonders günstige Entwicklungsbedingungen bietet. Das trifft möglicherweise für die echten Seuchen zu. Sie scheinen am verheerendsten im ökologischen Optimum der Pflanze aufzutreten. Die Verhütung der Erkrankung nur durch Standortsberücksichtigung kann in solchen Fällen zur Unmöglichkeit werden. Die Kartoffel scheint hierfür ein anschauliches Beispiel zu bieten. Merkenschlager[1]) bemerkt, wie schon erwähnt, „daß die Phytophthora-Seuche der Kartoffel in ihrem Lebensraum weitgehend mit dem ökologisch gesündesten Lebensraum der Kartoffel zusammenfällt und daß die Degenerationsgebiete weniger von dieser echten Seuche ergriffen werden." Wenn das zutrifft, dann würden wir, wenn wir die Kartoffel in ihrem ökologischen Optimum nicht zum Anbau bringen wollten, um dem Befall durch *Phytophthora infestans* vorzubeugen, sie in erhöhtem Maße der Gefahr des Abbaues aussetzen.

Der Anbau im ökologischen Optimum kann also, so wertvoll er ist, der Pflanze nur einen bedingten Schutz gewähren. Dazu kommt, daß wir in vielen Fällen auch an einem ökologisch ungünstigeren Standort auf die Kultivierung mancher Pflanzenarten nicht verzichten können, weil sie nicht zu ersetzen sind. Hier bietet uns nun die Sortenwahl noch unter einem anderen Gesichtspunkt wertvollste Hilfe. Wir wissen, daß die einzelnen Sorten unserer Kulturpflanzenarten nicht nur in ihren Standortsansprüchen weitgehende Unterschiede aufweisen, sondern auch in ihrer Anfälligkeit bzw. Widerstandsfähigkeit gegenüber den verschiedenartigsten Schädigungsursachen. In der Ausnutzung dieser Unterschiede liegen für die Pflanzenhygiene in ihren Auswirkungen nicht zu übersehende Möglichkeiten. Denn heute handelt es sich nicht mehr allein darum, die einmal vorhandenen und erkannten Unterschiede der Anfälligkeit in den Dienst des Pflanzenschutzes zu stellen; vielmehr hat die Immunitätszüchtung sie seit langem zur Grundlage ihrer Arbeit gemacht und ist unablässig bemüht, Sorten zu schaffen, welche hinter der Leistungsfähigkeit der bisher angebauten nicht zurückstehen, mit dieser aber die Widerstandsfähigkeit gegen die wichtigsten Krankheiten verbinden. Molz[2]) nennt die Züchtung widerstandsfähiger Sorten einen Ausweg von geradezu überragender Wichtigkeit, weil sie uns in die Lage setzen, den Kampf gegen schädliche Einwirkungen aller Art mit Erfolg aufnehmen zu können ohne Erhöhung der Produktionskosten und ohne jegliche Störung des Wirtschaftsbetriebes. Welche Wege zur Erreichung dieses Zieles einzuschlagen sind, ist an anderer Stelle dieses Handbuchs[3]) ausführlich besprochen. Hier ist lediglich darzulegen, wie weit wir gegenwärtig in der Lage sind, durch Auswahl der Sorten nicht nur nach ihren Standortsansprüchen,

---

[1]) Merkenschlager, F., Neue Untersuchungen über die Ursachen der Degeneration der Kartoffel (Kartoffelabbau). Forschungen u. Fortschritte 8, 1932, 58.

[2]) Molz, E., Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzüchtg. 5, 1917, 121.

[3]) Köhler, E., Die Züchtung immuner Sorten. In diesem Band.

sondern auch nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädigungsursachen die gesunde Entwicklung unserer Kulturpflanzen sicherzustellen.

Dabei kann es sich nicht um eine möglichst restlose Aufzählung aller bisher nachgewiesenen Fälle handeln unter namentlicher Aufführung der anfälligen und widerstandsfähigen Sorten. Abgesehen von den Schwierigkeiten, die sich einem solchen Vorhaben entgegenstellen würden, wäre eine derartige Aufzählung auch von zweifelhaftem Wert, da die Entwicklung durch die Arbeit der Immunitätszüchtung dauernd im Fluß ist. Ständig tauchen neue Sorten auf, während alte ihre Anbauwürdigkeit mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit der neuen verlieren. Außerdem wird der Anbauwert einer Sorte durch eine ganze Anzahl von Eigenschaften bestimmt, deren Wert gegenüber demjenigen der Krankheitsresistenz genau abzuwägen ist. Die Entscheidung wird sich weitgehend nach den Standortsverhältnissen richten. Dabei spricht auch mit, wie weit andere Bekämpfungsmöglichkeiten gegeben sind. So weist Gassner[1]) darauf hin, daß die Verwendung steinbrandimmuner Weizensorten an sich natürlich wünschenswert ist, andererseits aber nicht unbedingt notwendig, da wir in der Beizung ein verhältnismäßig einfaches und sicheres Bekämpfungsmittel haben. Die Resistenz kann unter Umständen auch nur bedingten Wert besitzen, indem sie die Pflanze durchaus nicht an allen Standorten gegen Parasitenbefall zu schützen braucht. Es sei nur an das Vorkommen biologischer Rassen erinnert. Und schließlich kann der Nachweis der Resistenz in vielen Fällen keineswegs als hinreichend gesichert angesehen werden, da eine einwandfreie Beurteilung oft nur auf Grund des Infektionsversuches möglich ist.

Deshalb können hier nur Angaben grundsätzlicher Art gemacht werden, die als Richtlinien bei der Wahl der Sorten unter Berücksichtigung ihrer Krankheitsresistenz dienen können.

Zunächst einmal sind eine ganze Reihe anatomisch-morphologischer Eigentümlichkeiten bekannt, die der Pflanze einen gewissen Schutz gegen Schädigungsursachen zu gewähren vermögen und in denen die Sorten einer Art mehr oder minder ausgeprägte Unterschiede erkennen lassen. Von diesen sind unter dem hier zu betrachtenden Gesichtspunkt diejenigen von besonderem Wert, die makroskopisch leicht erkennbar sind, da sie uns in den Stand setzen, die Eignung einer Sorte zum Anbau in Gegenden zu beurteilen, in denen sie bestimmten Schädigungsursachen in besonderem Maße ausgesetzt sind.

Schon der Habitus einer Sorte vermag ihr einen gewissen Schutz gegen solche zu bieten.

In Lagen, in denen Frühfröste die Runkelrübe gefährden, wird man durch Auswahl blattreicherer Sorten bis zu einem gewissen Grade Schäden vorbeugen können.[2]) Andererseits kann aber auch größerer Blattreichtum und geschlossener Wuchs die Entwicklung von Parasiten wie *Phytophthora infestans* begünstigen, indem Bestände solcher Sorten die Entstehung und Aufrechterhaltung feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre fördern. Auch die unter anderem von der Blattstellung und -form abhängige Schnelligkeit, mit welcher die Blätter nach Tau oder Regen das Wasser ablaufen lassen, spielt in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle. Der Anbau aufrecht stehender Sorten von *Lactuca sativa*, *Solanum lycopersicum* und *Phaseolus vulgaris* erschwert die Infektion durch *Rhizoctonia*.[3]) Ebenso werden die Sorten der Stangenform von *Phaseolus* weniger durch *Gloeosporium Lindemuthianum* befallen als solche der Buschform, weil letztere dem Parasiten viel günstigere Entwicklungs- und Infektionsbedingungen bieten.[4]) Kurze, gut aufrechte, sperrige Wuchstypen der Erbse

---

[1]) Gassner, G., Pflanzenkrankheiten. Handbuch d. Landw. Bd. 2. 1929, S. 472.
[2]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 258.
[3]) Braun, H., Der Wurzeltöter der Kartoffel. *Rhizoctonia solani K.* Berlin 1930, S. 98.
[4]) Schaffnit, E. und Böning, K., Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen. Forsch. a. d. Gebiet der Pflanzenkrankheiten u. d. Immunität im Pflanzenreich. I. Mitt. 1925, 167.

zeigen den geringsten, hohe, massenwüchsige Sorten den höchsten Befall durch den Erbsenwickler.[1])

Bei den Getreidearten wird der Habitus auch weitgehend durch Bestockung bestimmt. Diese soll bei Fritfliegenschäden eine gewisse Bedeutung haben. In der energischen Bestockung mancher Gerstensorten bei gleichzeitiger Entwicklung mehrerer Halme sieht Koslowa[2]) eine in dieser Hinsicht wertvolle Eigenschaft. Das bestätigt Scharnagel[3]) auch für den Hafer, bei dem einzelne Sorten sich durch größere Regenerationskraft auszeichneten d. h. durch die Fähigkeit, sich durch die Bildung neuer Seitentriebe von der Beschädigung zu erholen und diese neugebildeten Triebe rasch und kräftig zur Entwicklung zu bringen. Aufhammer[4]) hat allerdings einen Zusammenhang zwischen Fritfliegenbefall und durchschnittlicher Bestockung der Gerstensorten nicht ermitteln können; dagegen zeigten Sorten mit blattreicher Jugendentwicklung weniger Befall. Hiltner[5]) rät, gegen Befall des Getreides durch *Mayetiola destructor* Sorten mit kräftigem Halm zu bevorzugen, da sie weniger gern von der Hessenfliege angegangen werden. Zwölfer[6]) hat gefunden, daß dickstenglige Maissorten widerstandsfähiger gegen die Angriffe der Raupe von *Pyrausta nubilalis* sind als dünnstenglige.

Auch Blüte und Frucht selbst sind bei manchen Sorten durch leicht erkennbare Eigentümlichkeiten gegen Parasitenbefall geschützt.

Allgemein bekannt ist der Einfluß, den die Art des Abblühens der Gramineen auf die Infektion durch Pilzparasiten ausübt. Der Anbau von Gerstensorten, die zum *erectum*-Typ gehören, schließt das Auftreten von *Ustilago nuda* fast völlig aus, weil infolge des geschlossenen Abblühens dieser Sorten die Brandsporen nicht auf die Narbe des Fruchtknotens gelangen können. Auf die gleiche Weise erklärt sich nach Fischer und Gäumann[7]) der seltene Befall von geschlossen abblühenden Weizensorten durch *Claviceps purpurea*, während Schaffnit[8]) mit der sortenunterschiedlichen Öffnungsweite der Spelzen die Hiltnersche Beobachtung in Verbindung bringt, daß Landsorten von Roggen mit ihrer schlankeren Ähre weniger von *Fusarium* befallen werden als Hochzuchten, sowie den relativ seltenen oder doch gegenüber dem Roggen unvergleichlich geringeren Befall des Weizens durch den gleichen Parasit, da der Weizen bis zur Reife völlig durch die Spelzen gegen die Atmosphäre abgeschlossen ist. In der Berücksichtigung dieses Merkmals bei der züchterischen Bearbeitung sieht Schaffnit eine Möglichkeit, das Roggenkorn künftig gegen Pilzbefall in höherem Maß zu schützen. In ähnlicher Weise wie die Spelzen können, wie Philipps und Barber[9]) beobachtet haben, beim Mais die Lieschen einen Schutz gegen Tierfraß gewähren. Sie empfehlen den Anbau von Sorten mit dicht anliegenden und sehr langen Lieschen, da diese unter *Heliothis obsoleta* nur wenig zu leiden haben.

---

[1]) Nicolaisen, W., Der Erbsenwickler, *Grapholita (Cydia, Laspeyresia) sp.*, sein Schaden und seine Bekämpfung unter besonderer Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Hafersorten. Kühn-Archiv **19**, 1928, 252.

[2]) Koslowa, M. S., Zur Kenntnis der Widerstandsfähigkeit einiger Gerstensorten gegen die Fritfliege. Mitt. über angew. Entomologie **4**, 1930, 483—498. (Referat Deutsche Landw. Rundschau **8**, 1931, 174.)

[3]) Scharnagel, Untersuchungen über die Beschädigung verschiedener Hafersorten durch die Fritfliege. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **13**, 1925, 577.

[4]) Aufhammer, G., Fritfliegenbefall an Gerstensorten. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **9**, 1931, 7.

[5]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 236.

[6]) Zwölfer, W., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hb.)* in Süddeutschland. II. Teil. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **17**, 1930, 487.

[7]) Fischer, E. und Gäumann, E., Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Jena 1929, S. 86.

[8]) Schaffnit, E., Der Schneeschimmel und die übrigen durch *Fusarium nivale Ces.* hervorgerufenen Krankheitserscheinungen des Getreides. Landw. Jahrb. **43**, 1912, 595.

[9]) Philipps, E. W. and Barber, G. W., The corn earworm as an enemy of field corn in the eastern states. U. S. Dep. Agric. Farm. Bul. Nr. 1651. Washington 1931, 15.

Auf eine für den Schutz der Weinbeeren gegen den Befall durch *Botrytis cinerea* wertvolle sorteneigentümliche Eigenschaft hat Molz[1]) aufmerksam gemacht. Nach seinen Angaben leiden diejenigen Sorten, deren Schale bei Regenwetter leicht platzt, stark unter der durch diesen Parasiten verursachten Graufäule.

Schließlich sei noch auf die Behaarung als Schutz gegen Tierfraß hingewiesen.

Hierfür führt Molz[1]) zwei Beispiele an, die sich allerdings nicht auf unterschiedliches Verhalten von Sorten, sondern von Arten beziehen. *Agriolimax agrestis* greift den stark behaarten Inkarnatklee nicht an, wohl aber den nicht behaarten Rotklee, während *Phyllodecta spec.* vornehmlich die Weidenarten mit glatten Blättern befressen.

Unter den physiologischen Eigenschaften spielt für den Parasitenbefall, wie früher bei Besprechung der Düngung bereits gezeigt wurde, der Entwicklungsrhythmus eine große Rolle. Da er für jede Sorte mehr oder minder charakteristisch ist, können wir auch durch Berücksichtigung dieses Merkmals bei der Sortenwahl künftiger Erkrankung unter Umständen wirksam vorbeugen.

Hohe Keimschnelligkeit und Triebkraft[2]) befähigen die Pflanze, das besonders gefährdete Jugendstadium schnell zu durchlaufen. Beide werden allerdings durch äußere Faktoren während der Keimung und durch den von diesen ebenfalls abhängigen Saatgutwert so stark beeinflußt, daß man sortentypischen Unterschieden überwiegend keine große Bedeutung beimißt. In einzelnen Fällen dürften aber solche für den Schutz gegen Schädigungen wertvoll sein. So gibt Hiltner[3]) an, daß Sorten, die an höhere Lagen angepaßt sind, meist besonders anfällig gegen Flugbrand sind, was er auf die langsame Entwicklung des jugendlichen Keimlings zurückführt. Seiffert[4]) hat im allgemeinen bei schnellwüchsigen Gerstensorten einen geringeren Befall durch *Ustilago nuda* gefunden. Eine deutliche Korrelation zwischen der Keimungs- und Entwicklungsgeschwindigkeit verschiedener Sommerweizensorten und der Steinbrandanfälligkeit konnte Straib[5]) feststellen. Andere Autoren lehnen das Vorhandensein einer solchen Beziehung freilich ab.

Auch im späteren Entwicklungsverlauf der Pflanze können Unterschiede im Entwicklungsrhythmus von ausschlaggebender Bedeutung für die Erkrankung werden. Ist einerseits das Auftreten des Parasiten zeitlich begrenzt und ist andererseits die Pflanze nur in bestimmten Stadien normaler Prädisposition anfällig, so leuchtet ohne weiteres ein, daß Sorten, die sich in ihrem Entwicklungsrhythmus unterscheiden, der Gefahr des Befalls in ganz verschiedenem Maße ausgesetzt sein müssen.

Ein typisches Beispiel bietet die Schädigung des Getreides durch *Chlorops taeniopus*. Dieser Parasit vermag seine Eier an ersterem nur abzulegen, solange die Ähre noch im Halm oder zwischen der Blattscheide steckt.[6]) Frühes Ährenschieben wird also den Befall herabsetzen. Das bestätigen folgende von Sappok[7]) gefundene Zahlen.

Sappok bezeichnet deshalb als wichtigste Maßnahme zum Schutz gegen Chloropsbefall die Auswahl früh schossender Weizensorten, die einen raschen Entwicklungsrhythmus zeigen.

---

[1]) Molz, E., Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzüchtg. **5**, 1917, 144.

[2]) Pieper, H., Saatgut, Keimung, Sortenwert. Handb. d. Landw. Bd. 2. Berlin 1929, S. 274—294.

[3]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 118.

[4]) Seiffert, J., Künstliche Blüteninfektionen zur Untersuchung der Empfänglichkeit verschiedener Gerstensorten für *Ustilago hordei nuda* und der Einfluß äußerer Bedingungen auf die Höhe des Brandprozentes. Kühn-Archiv **12**, 1926, 496.

[5]) Straib, W., Untersuchungen über die Ursache verschiedener Sortenanfälligkeit des Weizens gegen Steinbrand. Pflanzenbau **4**, 1927, 135.

[6]) Dieses Handbuch Bd. 5, 4. Aufl. Berlin 1932, S. 15.

[7]) Sappok, H., Wie bekämpft man die Weizenmade? Mitt. Deutsche Landw. Ges. **41**, 1926, 648.

| Sorte | Beginn des Schossens | Madenbefall (%) |
|---|---|---|
| N. N. II . . . . . . . . | 3. 6. | 10 |
| N. N. III . . . . . . . . | 3. 6. | 11,7 |
| Berkners Dickk. 55 . . | 5. 6. | 31 |
| glatter Lohnauer. . . . | 9. 6. | 54 |
| Langs Kronen . . . . | 9. 6. | 56 |
| N. N. I . . . . . . . . . | 10. 6. | 34 |
| Janetzkis Frühe Kreuzung L . . . . . . . | 12. 6. | 76 |
| Strubes Gen. v. Stocken | 13. 6. | 62 |
| Heils roter Dickk. . . . | 13. 6. | 72 |
| Vogels Winter . . . . . | 14. 6. | 71 |
| Bergers Dickk. . . . . | 14. 6. | 74 |
| Pflugs Baltikum . . . . | 18. 6. | 75 |
| rauher Lohnauer Dickk. | 18. 6. | 75 |
| Standard . . . . . . . | 18. 6. | 76 |
| Cimbals Elite Dickk. . . | 18. 6. | 84 |

Diese Beziehung ist von verschiedenen Autoren bestätigt worden. Watzl[1]) warnt geradezu für ,,Chloropsgegenden" vor der Einführung von hochgezüchteten, aber gegenüber den Landsorten in der Entwicklung zurückbleibenden Weizensorten, solange es nicht gelingt, diese durch besondere Kulturmaßnahmen zu einem frühzeitigen ,,Spitzen" zu veranlassen und hierdurch die Anfälligkeit zu verringern. Umgekehrt liegen die Verhältnisse für die Weizengallmücken, *Cecidomya aurantiaca* und *C. tritici*. Hier beginnt der Befall, sobald die junge Ähre sich im obersten Blatt zeigt. Infolgedessen weisen die spät schossenden Sorten den geringsten Befall auf.[2]) Deshalb empfiehlt Åkerman[3]) ihren Anbau für die Küstengebiete von Schoonen, da dann die Flugzeit der Schädlinge nicht mit der Zeit des Ährenschiebens zusammenfällt, in welcher der Befall am stärksten ist, während vorher und nachher schossende Sorten ziemlich frei bleiben. Für die übrigen Weizenbaugebiete Schwedens kommt der Anbau spät schossender Sorten nicht in Frage, da sie in der Ernte zu spät sind und auch in der Qualität ungünstig beeinflußt werden würden. Das Beispiel zeigt deutlich, daß eine erfolgreiche Sortenwahl eine genaue Kenntnis der Standortsverhältnisse nach den verschiedensten Richtungen voraussetzt.

In anderen Fällen erfolgt der Befall nur während der Blütezeit. Dann werden zunächst ganz allgemein schnell und gleichmäßig abblühende Sorten weniger stark befallen werden. Der Befall wird aber weiter um so geringer sein, je weniger die Blüte mit dem Auftreten des Parasiten zusammenfällt. Deshalb wird der Anbau früh blühender Sorten gegen Schädigungen des Raps durch *Meligethes aeneus*[4]) und der Erbsen durch den Erbsenwickler[5]) empfohlen.

Die Beachtung der bisher angeführten Gesichtspunkte bei der Sortenwahl vermag, so wertvoll sie unter bestimmten Umständen ist, meist nur einen bedingten Schutz gegen Erkrankung zu gewähren.

---

[1]) Watzl, O., Über die Anfälligkeit verschiedener Weizensorten für die Halmfliege *(Chlorops taeniopus Meig.)*. Ztschr. f. angew. Entomol. **18**, 1931, 152.

[2]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 260.

[3]) Åkerman, A., Vetemyggans Märjninger. Sveriges Utsädesförenings Tidsckrift **40**, 1930, 209—294. (Referat Deutsche Landw. Rundschau **8**, 1931, 314.)

[4]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 50.

[5]) Nicolaisen, W., Der Erbsenwickler, *Grapholita (Cydia, Laspeyresia) sp.*, sein Schaden und seine Bekämpfung unter besonderer Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Erbsensorten. Kühn-Archiv **19**, 1928, 252.

Das zeigt z. B. sehr deutlich die Beobachtung von Zwölfer[1]), daß raschwüchsige Maissorten durch *Pyrausta nubilalis* stärker befallen werden als langsamwüchsige. Mit diesem „Schutz" der letzteren ist nämlich nur so lange zu rechnen, als Sorten von verschieden schnellem Entwicklungsrhythmus in einem räumlich begrenzten Gebiet gleichzeitig angebaut werden. Einheitlicher Anbau langsamwüchsiger Sorten wird dagegen keine Unterschiede mehr erkennen lassen.

Dazu kommt noch, daß durch eine so gerichtete Sortenwahl nur einer beschränkten Zahl von Schädigungsursachen begegnet werden kann, während sie in zahllosen anderen Fällen ohne jeglichen Erfolg bleiben muß. In vielen von diesen bietet nun der Anbau von Sorten, die sich durch „wirkliche" Resistenz auszeichnen, ein wirksames Mittel, um Erkrankungen zu verhüten.

Wie früher erwähnt, unterscheidet Gassner zwischen „wirklicher" und „scheinbarer" Änderung der Resistenz. An anderer Stelle wendet er[2]) diese Unterscheidung auch auf die Resistenz selbst an. Was er damit sagen will, läßt sich am Verhalten der Gerste gegenüber *Ustilago nuda* und von Hafer gegenüber *U. avenae* erläutern. Durch Wegschneiden des oberen Teils der Deckspelze zur Blütezeit konnte Henning[3]) eine Steigerung des Brandbefalls bei den erwähnten *erectum*-Formen von 0,004 % auf 15,4 % erzielen. Die nach künstlicher Öffnung der Blüten infizierten Pflanzen waren also nur scheinbar resistent, indem sie gegen den Befall nur durch die Kleistogamie geschützt wurden. Zu ähnlichen Ergebnissen ist Johnston[4]) durch Entfernung der Hüllspelzen bei Hafer gelangt. Er unterscheidet zwischen mechanischem Schutz und protoplasmatischer Resistenz, was der Gassnerschen Einteilung entsprechen dürfte. Für praktische Zwecke bleibt es in diesen Fällen freilich gleich, ob wir eine scheinbar oder eine wirklich resistente Sorte vor uns haben.

Der Anbau wirklich resistenter Sorten hat gegenüber demjenigen scheinbar resistenter, wenn man von Fällen wie den eben erwähnten absieht, den großen Vorteil, daß er mit viel größerer Sicherheit zum Erfolg führt. Zwar wissen wir heute, daß auch die wirkliche Resistenz bis zu einem gewissen Grade der Beeinflussung durch äußere Faktoren unterliegt. Andererseits hat aber die Besprechung der Düngung als hygienischer Maßnahme bereits gezeigt, daß mit derartigen Einflüssen nur bei solchen Sorten ernstlich zu rechnen ist, die etwa in der Mitte zwischen anfälligen und resistenten stehen; hoch resistente dagegen sind praktisch unabhängig von ihnen. Deshalb ist die Verwendung wirklich resistenter Sorten, wenn sie auch allen anderen Anforderungen genügen, immer zweckmäßig. Häufig bilden sie auch die einzige wirksame Maßnahme zum Schutz der Pflanze. Dabei kann sich die Resistenz sowohl gegen nichtparasitäre wie gegen parasitäre Schädigungsursachen richten.

Es sei zunächst an die unterschiedliche Frosthärte der Sorten erinnert, deren Bedeutung bei Besprechung der Standortsberücksichtigung bereits gewürdigt worden ist. Nicht unerwähnt mag hier auch die bei der Kultur der Zuckerrübe sehr lästige Neigung zum Schossen bleiben. Langjährige Versuche von Roemer[5]) lassen deutlich erkennen, daß durch Züchtung

---

[1]) Zwölfer, W., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hb.)* in Süddeutschland. II. Teil. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **17**, 1930, 488.

[2]) Gassner, G., Pflanzenkrankheiten. Handb. d. Landw. Bd. 2. 1929, S. 474.

[3]) Nach Hollrungs Jahresbericht über das gesamte Gebiet der Pflanzenkrankheiten **13**, 1910, 27.

[4]) Johnston, C. O., Effects of soil moisture and temperature and of dehulling on the infektion of oats by loose and covered smuts. Phytopathology **17**, 1927, 31—36.

[5]) Roemer, Th., Die Schosserbildung als Sorteneigenschaft. Zuckerrübenbau **13**, 1931, 169—173.

schon Sorten geschaffen sind, die anderen gegenüber auch bei früher Saat deutlich eine wesentlich geringere Schosserneigung zeigen.

Von sog. „physiologischen" Erkrankungen sei hier die Mosaikkrankheit angeführt, die bei den verschiedensten Kulturpflanzenarten auftritt. Durch Züchtung von Zuckerrohrsorten, die sich als widerstandsfähig gegen diese für das Zuckerrohr schädlichste Krankheit erwiesen haben, sind Erträge wie vor allem Ertragssicherheit in einem die Zuckerwirtschaft der ganzen Welt auf das stärkste beeinflussenden Ausmaß gesteigert worden.[1])

Für die Auswahl von Sorten nach ihrer Resistenz gegenüber parasitären Krankheiten sei noch im besonderen betont, daß ein vollkommen sicheres Urteil über ihren diesbezüglichen Wert nur auf Grund einwandfrei durchgeführter Infektionsversuche, wie sie letzten Endes nur im Laboratorium möglich sind, gefällt werden kann. Gerade in der Ausarbeitung eines zuverlässig arbeitenden Infektionsverfahrens liegt für die Immunitätszüchtung oft zunächst die Hauptschwierigkeit, die bislang erst in verhältnismäßig wenig Fällen behoben worden ist. Freilandbeobachtungen haftet naturgemäß immer ein hoher Grad von Unsicherheit an. Eine beredte Sprache reden in dieser Beziehung die zahlreichen Mitteilungen über das unterschiedliche Verhalten der Sorten gegenüber den einzelnen Rostarten. Allerdings kommt hier die Aufteilung der letzteren in biologische Rassen besonders erschwerend hinzu, die aber inzwischen auch für andere Parasiten nachgewiesen worden ist.

Aus der Fülle der in der Literatur vorliegenden Angaben über das Vorkommen resistenter Sorten seien nur einige wenige, hinreichend sicher gestellte Beispiele herausgegriffen, die noch deshalb besonders wichtige sind, weil in diesen Fällen andere Maßnahmen zum Schutz der Pflanze außer dem Anbau resistenter Sorten überhaupt nicht oder nur mit einem unverhältnismäßig hohen Kostenaufwand möglich sind.

Im Getreidebau spielt die Verwendung krankheitsresistenter Sorten bisher nur eine untergeordnete Rolle. Das hat teilweise seinen Grund darin, daß andere wirksame und rentable Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung stehen; andererseits begegnet hier die Immunitätszüchtung gerade in Fällen, in denen von ihr allein Hilfe zu erwarten ist, wie z. B. gegenüber den Rostpilzen, besonders große Schwierigkeiten. Größere Bedeutung für die Praxis kommt vorerst nur der von Nilsson-Ehle[2]) nachgewiesenen unterschiedlichen Anfälligkeit der Gerstensorten gegenüber dem Hafernematoden zu. Wird Hafer nach Gerste gebaut, so läßt sich durch den Anbau einer hoch resistenten Sorte der letzteren der Befall des ersteren auf ein Minimum herabdrücken.

Ganz anders liegen die Verhältnisse im Kartoffelbau. Das Auftreten von *Synchytrium endobioticum* läßt sich allein durch den Anbau krebsfester Sorten[3]) verhüten, das uns andererseits auch ermöglicht, auf krebsverseuchten Feldern Kartoffeln ohne jede Schädigung zu bauen und dadurch gleichzeitig den Parasit allmählich zum Aussterben zu bringen. Ferner besitzen wir heute schon eine größere Zahl von Sorten, die widerstandsfähig gegen den Schorf sind.[4])

Für den Gemüsebau sei auf die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit der Spargelsorten gegen *Puccinia asparagi*[5]) hingewiesen. Im Obstbau läßt sich bis zu einem gewissen Grade dem Befall der Apfelbäume durch *Podosphaera leucotricha*[6]) und der Stachelbeeren durch *Sphaerotheca mors uvae*[6]) durch Berücksichtigung der Sortenresistenz begegnen. Im Weinbau geht man in steigendem Maße dazu über, die Reblausseuchengebiete[7]) auf den Anbau von

[1]) Dampf, A., Bibliografia de los principales trabajos relativos al mosaico de la cãna de azúcar que se han publicado a partir del descubrimiento de la enfermedad hasta el año de 1929. Bol. Mens. Ofic. Def. Agric. Estados Unidos Mexicanos **3**, 1929, 186.

[2]) Nach Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 33.

[3]) Merkblatt Nr. 1 der Biologischen Reichsanstalt für Land- u. Forstwirtschaft. 19. Aufl. 1935.

[4]) Schlumberger, O., Der gewöhnliche Kartoffelschorf. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 103, 1934.

[5]) Dieses Handbuch Bd. III. 5. Aufl. Berlin 1932, S. 81.

[6]) Dieses Handbuch Bd. II. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 520, 515.

[7]) Dieses Handbuch Bd. V. 4. Aufl. Berlin 1932, S. 706.

Pfropfreben mit *vastatrix*-unanfälliger Unterlage umzustellen. Schließlich sei noch von Kolonialpflanzen der Kaffee erwähnt. Hier stellt der Anbau von Sorten, die gegenüber *Hemileia vastatrix*[1]) widerstandsfähig sind, den wirksamsten Schutz gegen diese früher verheerende Krankheit dar.

Diese Beispiele genügen, um zu zeigen, daß der Auswahl der Sorten nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber den verschiedenartigsten Schädigungsursachen eine außerordentlich große Bedeutung zukommt. Nicht mit Unrecht vertreten Schaffnit und Volk[2]) den Standpunkt, daß es immer die erste Aufgabe sein wird, den Pflanzenkrankheiten neben der Anwendung direkter Bekämpfungsmaßnahmen mit fungiziden oder insektiziden Mitteln durch den Anbau widerstandsfähiger Sorten, soweit es möglich ist, zu begegnen. Freilich wird es auch mit einer so gerichteten Sortenwahl allein niemals getan sein. Sie wird zur Erfolglosigkeit verurteilt sein, wenn nicht vorher alle anderen bisher besprochenen Maßnahmen der Hygiene zur Anwendung gebracht worden sind, weil auch das Gedeihen der resistenten Sorten nur bei hygienischer Aufzucht gesichert ist.

### 3. Saatgutauslese

Innerhalb der gewählten Sorte ist nun noch eine weitere Auslese erforderlich, die für die Aufzucht gesunder Pflanzenbestände eine entscheidende Voraussetzung bilden kann. Zwar ist in der Saatgutbeizung ein wirksames Mittel gefunden, um die Übertragung mancher Parasiten mit Sicherheit zu verhindern; in zahlreichen Fällen ist ihre Anwendung aber praktisch nicht durchführbar oder versagt in der Wirkung. In dieser Hinsicht sei an die immer wieder empfohlene Kartoffelbeizung erinnert; umstritten ist auch nach wie vor der Wert der Rübenbeizung. Sobald aber ein einwandfrei arbeitendes Verfahren zur Desinfektion des Saatgutes nicht zur Verfügung steht, bildet die sorgfältige Auslese des Saatgutes die einzige Möglichkeit, um der Übertragung von Krankheiten durch das Saatgut vorzubeugen. Aber auch bei gebeiztem Saatgut sollte man diese Maßnahme niemals unterlassen, da die Beizung doch immer nur gegen einen oder einige wenige Parasiten schützt. Außerdem ist nicht zu vergessen, daß der physiologische Wert des Saatgutes auf jeden Fall durch die Auslese eine Erhöhung erfährt.

Diese kann im wesentlichen nach zwei verschiedenen Richtungen erfolgen, die wir je nach dem eingeschlagenen Weg als positive und als negative Saatgutauslese bezeichnen können. Das Ziel ist in beiden Fällen das gleiche, die Gewinnung von gesundem Saatgut, welches die Entwicklung gesunder Pflanzen gewährleistet, wenn alle anderen Bedingungen für eine solche erfüllt sind. Um dieses Ziel zu erreichen, geht die positive Saatgutauslese gewissermaßen direkt vor, indem sie das gesunde Saatgut ausliest, die negative dagegen indirekt, indem sie das kranke Saatgut ausscheidet. Allerdings ist eine scharfe Trennung der beiden Verfahren nicht möglich, da sie naturgemäß ineinander greifen; Auslese gesunden Saatgutes bedeutet gleichzeitig Ausscheidung des kranken und

[1]) Dieses Handbuch Bd. III. 5. Aufl. Berlin 1932, S. 23.

[2]) Schaffnit, E. und Volk, A., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschieden ernährter Pflanzen. Landw. Jahrb. **67**, 1928, 329.

umgekehrt. Eine Scheidung läßt sich also nur nach dem jeweilig vorherrschenden Ausleseprinzip vornehmen. Die verschiedenen Maßnahmen, deren man sich zur zuverlässigen Bewertung des Saatgutes bedient, sind an anderer Stelle dieses Bandes ausführlich behandelt. Hier sind lediglich die Gesichtspunkte zu erörtern, die zu beachten sind, um Saatgutauslese im Sinne der Pflanzenhygiene zu betreiben.

Die Anforderungen, die an ein gesundes Saatgut zu stellen sind, hat Hollrung[1]) schärfer zu formulieren gesucht. Zusammenfassend meint er: „Je höher das dem Saatgut zur Verfügung stehende Maß von Lebenskraft ist und je ungehinderter es diese Kraft für die Neubildung einer Pflanze einsetzen kann, um so günstiger gestalten sich bei letzterer die gesundheitlichen Verhältnisse.“ Als eins der wichtigsten Erfordernisse sieht er die Sicherstellung einer befriedigenden Keimschnelligkeit an und weist zum Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung auf die Untersuchungen von Brefeld über die Keimlingsinfektion von Brandpilzen hin, die gezeigt haben, daß die Pflanze der Infektion um so leichter entgeht, je schneller sie das anfällige Jugendstadium durchläuft.

Nun ist schon Wollny[2]) zu dem Schluß gekommen, daß Pflanzen aus großem Saatgut von Körnerfrüchten und Futterpflanzen sich früher entwickeln, während Pflanzen aus kleinen Samen gezogen länger im Jugendzustand verharren. Erstere überwinden mechanische Widerstände des Bodens beim Auflaufen leichter als letztere. Demnach müßte die Verwendung von größerem Saatgut namentlich in allen denjenigen Fällen günstig wirken, in denen es darauf ankommt, die Pflanze durch möglichst schnelle Jugendentwicklung vor Parasitenbefall zu schützen. In der Tat ist die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung für verschiedene Krankheitserreger experimentell nachgewiesen worden.

Zur Herabsetzung des Auftretens von *Ustilago tritici* empfiehlt Tiemann[3]) scharfe Sortierung des Weizensaatgutes, da nach seinen Feststellungen große Körner bedeutend weniger brandkranke Pflanzen liefern als kleine. Diese Erscheinung führt er auf den schnelleren Auflauf der großen Körner zurück; möglicherweise erleiden aber auch schwach infizierte Körner an ihrer Größe Einbuße und werden dadurch bei der Sortierung ausgeschieden. Die gleiche Beobachtung hat Taylor[4]) gemacht. Genau[5]) hat gefunden, daß die größeren Mittelkörner der Gerstenähre weniger von *Helminthosporium gramineum* befallene Pflanzen liefern als die kleineren. Die Erklärung für diesen Befund sieht er einmal in der größeren Triebkraft der größeren Körner, zum anderen darin, daß diese infolge der früheren Blüte der mittleren Ährchen bei der Infektion günstiger gestellt waren. Bei Versuchen von Arland[6])

---

[1]) Hollrung, M., Die krankhaften Zustände des Saatgutes. Kühn-Archiv **8**, 1919, 2.

[2]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 79.

[3]) Tiemann, A., Untersuchungen über die Empfänglichkeit des Sommerweizens für *Ustilago tritici* und den Einfluß der äußeren Bedingungen dieser Krankheit. Kühn-Archiv **9**, 1925, 449.

[4]) Taylor, J. W., Effect of the continuous selection of large and small wheat seed on yield, bushel weight, varietal purity and loose smut infection. Journ. Amer. Soc. Agron. **20**, 1928, 867.

[5]) Genau, A., Methoden der künstlichen Infektion der Gerste mit *Helminthosporium gramineum* und Studien über die Abfälligkeit verschiedener Sommergersten diesem Pilz gegenüber. Kühn-Archiv **19**, 1928, 348.

[6]) Arland, A., Der Haferflugbrand *Ustilago avenae* (Pers.) Jens. Biologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der Infektions- und Anfälligkeitsfrage. Bot. Archiv **7**, 1924, 100.

mit Hafer waren die aus Innenkörnern hervorgegangenen Pflanzen meist 3—4 mal, in einigen Fällen 10—20 mal so anfällig gegenüber *Ustilago avenae* wie die aus Außenkörnern hervorgegangenen Pflanzen. Die gleiche Beziehung hat Nilsson-Ehle[1]) beim Fritfliegenbefall gefunden. Pflanzen aus Innenkörnern wurden bedeutend mehr durch *Oscinis frit* geschädigt als solche aus Außenkörnern, was auf die längere Entwicklungszeit der ersteren zurückgeführt wird. Rostrup und Thomsen[2]) haben allerdings diese Frage in mehrjährigen Versuchen nachgeprüft und konnten dabei die Befunde von Nilsson-Ehle nicht bestätigen.

Wollny glaubt auch, daß die größeren Mengen von Reservenährstoffen in den größeren Körnern auf alle späteren Entwicklungsstadien ebenfalls einen günstigen Einfluß ausüben. „Die größten Samen, Knollen und Wurzeln ein und derselben Varietät besitzen die größte Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige äußere Verhältnisse."

Eine weitere positive Saatgutauslese wird häufig bei der Kartoffel betrieben, bei der sie als sogenannte positive Massen- und Staudenauslese bekannt ist. Sie besteht in der Auswahl besonders kräftiger wüchsiger, von allen Krankheitssymptomen freier Pflanzen, die dann entweder einzeln (Staudenauslese) oder gemeinsam (Massenauslese) nachgebaut werden. Ebenso ist die Auswahl gesunder Pflanzen aus dem Saatbeet vor ihrer Versetzung in den Feldbestand eine positive Saatgutauslese.

Blunck[3]) sieht in der Verwendung kräftiger, im Wuchs vorgeschrittener gesunder Setzlinge, die Werth[4]) vollkommen herniefreien Aussaatbeeten entnommen wissen will, ein wirksames und wirtschaftliches Mittel zur Minderung der Verluste durch Kohlhernie. Auswahl gesunder Wildlinge empfiehlt Stapp[5]), um einen Befall der Obstbäume durch *Bacterium tumefaciens* zu verhüten. Die Feldinfektionen des Tabaks durch *Bacterium tabacum* gehen nach allgemeiner Auffassung in weitaus überwiegender Mehrzahl auf Sämlinge zurück, die bereits im Saatbeet verseucht gewesen sind. Deshalb wird auch hier die Anpflanzung nur absolut gesunder Sämlinge gefordert.[6]) Tritt in den Anzuchtbeeten von Phlox *Tylenchus dipsaci* auf, so ist die wichtigste Maßnahme die Entnahme der Stecklinge nur von gesunden Mutterpflanzen.[7])

Wie die Sortierung des Saatgutes nach der Größe bzw. dem Gewicht zu einer Auslese physiologisch leistungsfähigen Saatgutes führt, so kann das gleiche Verfahren auch zur Ausscheidung kranken Saatgutes dienen.

Es ist bekannt, daß die sog. Brandbutten, d. h. die von den Resten der Fruchtwand des Weizenkornes festumschlossene Masse von Sporen von *Tilletia tritici* infolge ihres leichten Gewichtes im Wasser obenauf schwimmen und deshalb beim Waschen des Saatgutes abgeschöpft werden können. Auch „Gichtkörner" des Weizens, d. h. solche, die von *Tylenchus*

---

[1]) Nilsson-Ehle, H., Nagot om betydelsen af storkornigt utsäde, särskildt vid angrepp af fritflugan. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift **12**, 1902, 158—165. (Ref. Hollrung, M., Jahresbericht über die Neuerungen und Leistungen auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten **5**, 1902, 120.)

[2]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 285.

[3]) Blunck, H., Vergleichende Prüfung chemischer Mittel gegen Kohlhernie. Gartenbauwissenschaft **1**, 1928, 164.

[4]) Werth, E., Die Kohlhernie und ihre Bekämpfung. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 56, 1933.

[5]) Stapp, C., Der Wurzelkropf oder Bakterienkrebs der Obstbäume und seine Bekämpfung. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Flugblatt 78, 1931.

[6]) Dieses Handbuch Bd. 2. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 279.

[7]) Pape, H., Stockkrankheit bei *Phlox*. Gartenwelt **31**, 1927, 532.

*tritici* befallen sind, schwimmen nach gründlichem Umrühren in einer 20%igen Salzlösung obenauf und können dann mühelos entfernt werden.[1] Von *Gibberella saubinetii* befallene Weizen- und Gerstenkörner sind zusammengeschrumpft und dadurch kleiner und leichter. Dickson und Mains[2]) empfehlen ihre sorgfältige Entfernung durch Anwendung eines Gebläses. Pichler[3]) legt für die Bekämpfung des Schneeschimmels der Verwendung nur großer, schwerer Körner größtes Gewicht bei, da leichte Körner schwächliche Pflanzen ergäben, die von vornherein für den Befall empfänglich seien. Bömer[4]) weist darauf hin, daß in gesunden Kartoffelbeständen große und kleine Knollen den gleichen Pflanzgutwert besitzen. In abgebauten dagegen ist eine Auslese nur der letzteren unbedingt zu vermeiden, da man andernfalls das Pflanzgut direkt mit kranken Knollen anreichert.

Bei manchen Kulturpflanzen läßt sich auch eine direkte Auslese der kranken Teile aus dem Saatgut durchführen. So empfiehlt Müller[5]) zur Vermeidung schwererer Formen des Zwiebelrotzes alle weichen Zwiebeln aus dem Saatgut zu entfernen. Andererseits ist unter Umständen auch eine Beseitigung lediglich der Krankheitserreger selbst möglich.

*Claviceps purpurea* ist aus dem Saatgut unschwer durch die Reinigung zu entfernen. Ebenso gelingt dies, wenn auch erheblich schwerer, bei den als Schmarotzer auftretenden Seidearten. Die Entfernung ihrer Samen bedarf freilich spezieller Reinigungsanlagen, ohne daß sie immer restlos zu erreichen ist.[6]) Hierunter fällt auch die Reinigung des Saatgutes von Unkrautbeimengungen, auf die nur hingewiesen werden kann.

Viel günstiger ist es naturgemäß, wenn kranke Körner, Knollen, Wurzeln und Zwiebeln gar nicht erst in das Saatgut gelangen, indem schon bei der Ernte derjenigen Bestände, aus denen das Saatgut genommen werden soll, nach Möglichkeit für Entfernung der kranken Pflanzen Sorge getragen wird.

Hier ist vor allem als Beispiel die negative Staudenauslese bei Kartoffeln zu nennen, welche die sorgfältige Entfernung aller kranken Stauden anstrebt. Der Übertragung der *Peronospora Schachtii* im Rübenbau beugt man vor, indem man den befallenen Samenrüben rechtzeitig den Kopf, in welchem das Mycel überwintert, absticht oder sie gänzlich vom Felde entfernt[7]).

Schließlich kann es auch ratsam sein, sich nicht auf die Entfernung der einzelnen kranken Pflanzen zu beschränken, sondern Bestände, die einen mehr oder minder großen Prozentsatz an kranken Pflanzen aufweisen, überhaupt von der Saatgutgewinnung auszuschließen, wie es das Ziel der Saatenanerkennung ist. Dabei wechselt die Höhe des zulässigen Besatzes mit kranken Pflanzen je nach der Gefährlichkeit des Parasiten. Auffinden auch nur einer krebskranken Kartoffel im Bestande verbietet die Gewinnung von Pflanzgut. Zur Verhütung des Auftretens des Tomatenkrebses, verursacht durch *Aplanobacter michiganense*,

---

[1]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 25.

[2]) Dickson, I. G. and Mains, E. B., Scab of wheat and barley and its control. U. S. Dep. Agric. Farm. Bul. Nr. 1599, 1929, 13.

[3]) Pichler, F., Der Schneeschimmel. Fortschr. d. Landw. **8**, 1933, 152.

[4]) Bömer, Die Größe der Pflanzkartoffeln. Kartoffel **7**, 1927, 154.

[5]) Müller, K. R., Ergebnisse einiger Versuche zur Bekämpfung des Zwiebelrotzes. Landw. Wochenschr. f. Sachsen **88**, 1930, 168—169.

[6]) Fischer, W., Samengewinnung und Saatgutbereitung bei den wichtigsten Klee- und Grasarten. Bd. 1. Berlin 1928, S. 172.

[7]) Frank, A. B., Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen. Bd. 2. Breslau 1896, S. 77.

fordert Bryan[1]), kein Saatgut von Feldern mit auch nur geringem Krankheitsbesatz zu nehmen.

Die Ausschließung ganzer Bestände kann sich unter Umständen aber nicht nur auf das Auftreten bestimmter Krankheitssymptome gründen, sondern deswegen erfolgen, weil der Saatgutwert durch den Anbau unter bestimmten Umweltbedingungen gelitten hat oder diese mit denjenigen des Nachbauortes nicht harmonieren. Es ist früher schon auf die Bedeutung des Herkunftswertes hingewiesen worden, der in steigendem Maße Beachtung erfährt und für die gesunde Entwicklung der Pflanzen entscheidend sein kann. Ein weiteres Eingehen darauf verbietet sich an dieser Stelle. Als Beweis für die Wichtigkeit des Herkunftswertes und die aus ihm möglicherweise sich ableitenden einschneidenden Folgen sei die Auffassung von Opitz[2]) angeführt, der es als Pflicht der anerkennenden Körperschaften bezeichnet, die natürlichen Pflanzkartoffelgebiete möglichst sicher zu ermitteln und die Kartoffelanerkennung auf diese zu beschränken.

### 4. Saatzeit

„Der Umstand, daß die Pflanzen bei verschiedenen Saatzeiten eine verschiedene Ausbildung ihrer Organe und damit auch eine verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen gewisse Krankheitserreger erlangen, sowie daß der Einfluß letzterer zu bestimmten Zeitpunkten am größten ist, legt die Vermutung nahe, daß es möglich sein werde, durch zweckmäßige Wahl des Saattermines die Verheerungen durch Insekten, niedere Organismen (Pilze) zu vermindern." Zu dieser Vermutung ist Wollny[3]) bereits 1885 gelangt, nachdem Haberlandt[4]) festgestellt hatte, daß Sommerroggen um so weniger Befall durch *Claviceps purpurea* zeigte, je früher er ausgesät wurde, eine Beobachtung, die Wollny bestätigen konnte.

Wollny empfiehlt weiter im Herbst zeitige Aussaat bei den Winterölsaaten, um den ihnen im nächsten Frühjahr drohenden Schädigungen durch *Meligethes aeneus* zu begegnen, sowie Hinauszögerung der Aussaat von Wintergetreide zum Schutz gegen *Cecidomyia destructor*, gegen deren Auftreten Sommergerste innerhalb der drei nächsten Wochen nach der ersten Schwärmzeit auszusäen ist, während späte Bestellung der Ackerbohne als wirksame Maßnahme gegen *Aphis rumicis* genannt wird.

Zahlreiche Beobachtungen und exakte Untersuchungen haben seitdem Wollnys Vermutung bestätigt und die Wahl der Saatzeit als eine wertvolle pflanzenhygienische Kulturmaßnahme erwiesen, wenngleich auch Wollny schon mit Recht die Einschränkung gemacht hat, daß die richtig gewählte Saatzeit kein absolutes Schutzmittel gegen Erkrankungen der Pflanzen gewähren könne. Hollrung[5]) sieht die pflanzenpathologische Bedeutung einer richtigen Wahl der Bestellzeit in der Möglichkeit, allein dadurch Verhältnisse

---

[1]) Bryan, M. K., Studies on bacterial canker of tomato. Journ. Agr. Res. **41**, 1930, 845.
[2]) Opitz, K., Der Kartoffelbau. Handb. d. Landwirtsch. Bd. 3. Berlin 1930, S. 159.
[3]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 511.
[4]) Haberlandt, F., Österr. landw. Wochenblatt 1876, Nr. 3. (Nach Wollny S. 480.)
[5]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 55.

zu schaffen, welche für den Schädling ungünstige Ernährungsbedingungen nach sich ziehen, sei es, weil bei seinem Auftreten die Pflanze schon zu weit in der Entwicklung vorgeschritten oder weil sie noch zu weit in ihr zurückgeblieben ist. Demnach hat Hollrung nur die Verhütung parasitärer Erkrankungen im Auge. Es ist zuzugeben, daß überwiegend nur an diese gedacht wird, sooft die Beachtung pflanzenhygienischer Gesichtspunkte bei der Wahl der Saatzeit gefordert wird. Trotzdem muß auch hier betont werden, daß eine derartige Beschränkung dem Wesen der Pflanzenhygiene nicht gerecht wird. Vielmehr ist jegliche Wahl der Saatzeit mit dem Ziel, der Pflanze bestmögliche Entwicklungsbedingungen zu gewährleisten, als pflanzenhygienische Maßnahme zu werten, da die Pflanze unter derartigen Bedingungen am ersten vor abnormer Prädisposition geschützt sein wird. Dem entspricht es auch, wenn Wollny[1]) sagt, innerhalb der von der Natur gezogenen Grenzen biete eine frühe Einsaat die größte Gewähr für das normale Gedeihen der Pflanzen, oder wenn Rademacher[2]) meint, eine rechtzeitige Aussaat bürge für kräftige Pflanzen, die damit auch am ehesten vor Schäden und Krankheiten aller Art geschützt seien.

Als Beispiel für den Einfluß der Saatzeit auf die abnorme Prädisposition der Pflanze sei das Auftreten des Schneeschimmels angeführt. Pichler[3]) macht darauf aufmerksam, daß der Zeitpunkt der Aussaat des Wintergetreides von den Praktikern möglichst spät gewählt wird, damit sich die junge Saat nicht zu üppig entwickelt und weniger dem Befall durch den Schneeschimmel ausgesetzt ist. Er glaubt, daß Änderungen des normalen Atmungsprozesses die Anfälligkeit der Pflanzen gegenüber Fusarium erhöhen. Eine solche Änderung sei durch üppige Entwicklung bedingt, wie sie durch frühe Aussaat hervorgerufen werde. „Je üppiger nämlich die Pflanzen stehen, desto größer die Atmung, desto größer der Sauerstoffbedarf." Im einzelnen dürften diese Zusammenhänge freilich noch genaue Nachprüfung erfordern.

Wenn die Verhütung der abnormen Prädisposition auch von großem Wert ist, um der Erkrankung der Pflanze vorzubeugen, so gewährt sie allein doch keinen hinreichenden Schutz. Denn die Pflanze durchläuft ja in ihrer Entwicklung auch Stadien normaler Prädisposition. Treffen diese mit dem Vorhandensein schädigender Ursachen irgendwelcher Art zusammen, so ist naturgemäß die Gefahr der Erkrankung gegeben, auch wenn die abnorme Prädisposition ausgeschlossen ist. Dieses Zusammentreffen zu vermeiden, bietet die Wahl der Saatzeit wie kaum eine andere Kulturmaßnahme weitgehende Möglichkeiten.

Glücklicherweise ist nun auch unter diesem Gesichtspunkt in der Mehrzahl der Fälle eine frühe Saat zu fordern, so daß sich im wesentlichen die Wege decken, die einzuschlagen sind, um einer sei es aus normaler, sei es aus abnormer Prädisposition sich ableitenden Erkrankung entgegenzuarbeiten. Aber auch in den Fällen, in denen die Rücksicht auf eine Schädigung zur Wahl einer ungünstigeren Saatzeit Veranlassung gibt, sollte, wie Rademacher[2]) mit Recht fordert, eine Verlegung nur dann erfolgen, wenn man sicher ist, daß der mit

---

[1]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 513.

[2]) Rademacher, B., Welche Saatzeit ist zur Erzielung gesunder Pflanzenbestände zu wählen? Mitt. Deutsche Landw. Ges. **45**, 1930, 188—189.

[3]) Pichler, F., Der Schneeschimmel. Fortschr. d. Landw. **8**, 1933, 151.

einer solchen Saat zur Unzeit verbundene Ertragsausfall wieder wettgemacht wird. Der von Blunck und Janisch[1]) für den Rübenbau umrissene Standpunkt in der Frage der Saatzeit verdient nachdrückliche Unterstreichung und Beherzigung auch für andere Kulturpflanzen:

„Im allgemeinen dürfte gelten, daß in Deutschland für jeden Bezirk, in dem der Rübenbau überhaupt lohnt, aus der praktischen Erfahrung heraus die beste Drillzeit bereits erarbeitet ist, und man wird gut tun, hier mit Abänderungsvorschlägen vorsichtig zu Werke zu gehen. Die Praxis wird ihre Maßnahmen mit Recht niemals einseitig auf einen Sondergesichtspunkt einstellen, sondern im Auge haben, daß an der Pflanze im freien Feld Einflüsse mannigfacher Art sich auswirken, die bei der Kultur möglichst gleichmäßig zu berücksichtigen sind. Der angestrebten Wirkung wird das Verfahren am nächsten kommen, welches in bezug auf Art und Zeit der Anwendung der Resultante aller dieser mehr oder minder gegensätzlichen Faktoren gerecht wird."

Diese Erwägung ist um so notwendiger, als eine Saatzeit, die zum Schutz gegen einen Schädling angezeigt ist, den durch einen anderen verursachten Schaden erhöhen kann. So macht Briton-Jones[2]) darauf aufmerksam, daß früh gesäte Baumwolle früh reift und dadurch weniger durch den Kapselwurm geschädigt wird. Andererseits können dadurch die Verluste durch den „soreshin" Pilz beträchtlich gesteigert werden.

Der Begriff Frühsaat ist nun freilich ebenso wie Spätsaat kein feststehender, sondern ein relativer. Wollny[3]) bezeichnet es geradezu als sehr fehlerhaft, für die einzelnen Kulturpflanzen die konkreten Saatzeiten in bestimmten Terminen anzugeben, da diese sich nach den verschiedensten Faktoren zu richten haben. Er sieht die passendste Saatzeit gekommen, „wenn alle Bedingungen zu einer kräftigen Entwicklung der Pflanzen und schnellen Überwindung der gefährlichen Jugendzeit vorhanden sind und den Pflanzen bis zu der mit dem Schossen beginnenden Hauptwachstumsperiode so viel Zeit zur Verfügung bleibt, daß sie sich bis dahin möglichst kräftig in ihren ober- und unterirdischen Organen zu entfalten und einen reichen Vorrat von Reservestoffen anzusammeln vermögen".

Zur Überwindung der gefährdeten Jugendentwicklung können wir in vielen Fällen durch zweckmäßige Wahl der Saatzeit beitragen. Frühe Aussaat im Frühjahr kann erwünscht sein, weil die Bodentemperaturen über dem Keimungsminimum des Wirtes, aber unter demjenigen des Parasiten liegen. Aus dem gleichen Grunde kann umgekehrt im Herbst Spätsaat angezeigt sein. Es braucht sich aber auch keineswegs nur um Unterschiede im Keimungsminimum zu handeln, sondern es können auch solche im Temperaturoptimum genügen. Es kommt dann nur auf die relative Entwicklungsgeschwindigkeit von Pflanze und Parasit an. Erlaubt eine bestimmte Bodentemperatur ersterer eine schnellere Entwicklung als letzterem, so besteht naturgemäß größere Aussicht, daß sie dem Angriff des Parasiten, der sie nur im Jugendstadium zu infizieren vermag,

---

[1]) Blunck, H. und Janisch, R., Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Rübenaaskäfer im Jahre 1923. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **13**, 1925, 469.

[2]) Briton-Jones, H. R., Mycological work in Egypt during the Period 1920—1922. Min. Agr. Egypt. Techn. and Scient. Serv. Bul. **49**, 1925, 55.

[3]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 513.

entrinnt, als wenn die Entwicklungsgeschwindigkeit beider gleich oder gar diejenige des Parasiten größer ist.

Ein charakteristisches Beispiel bietet der Befall von Weizen und Mais durch *Gibberella saubinetii*. Um ihm zu begegnen, empfiehlt Dickson[1]) bei Weizen Aussaat in kühlem Boden, d. h. im Herbst spät, im Frühjahr früh, während im Gegensatz dazu Mais in warmem Boden, also spät auszusäen ist, weil die günstigste Bodentemperatur für Gibberellaschäden an Weizen 12—28°, an Mais 8—20° C ist. Auf Böden, die mit *Ophiobolus* verseucht sind, rät van de Laar[2]) zu später Aussaat des Winterweizens, was der allgemeinen Anschauung entspricht, daß Frühsaat den Schaden durch Fußkrankheit begünstigt. Eine Erklärung könnte in der Angabe Noaks[3]) gefunden werden, daß die Infektion des Halmes wahrscheinlich schon bei der Keimung des Weizens geschieht. Hat *Ophiobolus* ein höheres Optimum als der Weizen, so wird dieser bei später Aussaat der Infektion leichter entgehen. Blunck[4]) warnt aber mit Recht davor, die gut begründete Regel, daß Winterweizen um so früher in die Erde muß, je weniger Boden und Klima seinen allgemeinen Vegetationsansprüchen genügen, in einseitiger Einstellung auf Abwehr der Fußkrankheiten zu vernachlässigen. Vielleicht liege in stärkerer Berücksichtigung von Weizensorten, die eine besonders späte Bestellung vertragen, ein Ausweg. Weiter kann dem Auftreten von *Tilletia tritici* durch Wahl der Saatzeit entgegengearbeitet werden, wenngleich diese auch im Hinblick auf die Möglichkeit sicherer Bekämpfung durch die Beizung von untergeordneter Bedeutung ist. Allerdings lauten hier die Angaben widersprechend. Bei Winterweizen wird sowohl späte wie frühe Aussaat empfohlen, bei Sommerweizen nur späte. Die Widersprüche finden, wie Versuche von Appl[5]) und vor allem von Rabien[6]) gezeigt haben, dadurch ihre Erklärung, daß von diesen beiden Saatzeiten noch eine mittlere Saatzeit zu trennen ist. Entscheidend ist nach Bonnes'[7]) Untersuchungen die relative Entwicklungsgeschwindigkeit von Weizenkorn und Steinbrandsporen. Bei mittlerer Aussaat ist sie gleich groß und der Befall infolgedessen am höchsten. Bei früher und später dagegen gewinnt der Weizen einen Vorsprung, weil in beiden Fällen seine Entwicklungsgeschwindigkeit größer ist. Wertvoller wäre die Wahl der Saatzeit zur Herabsetzung des Flugbrandbefalls des Sommerweizens, da dessen Bekämpfung durch Beizung größeren Schwierigkeiten begegnet. Da *Ustilago tritici* ein niedrigeres Keimminimum hat als der Weizen, hält Schaumburg[8]) seine mit Rücksicht auf die lange Wachstumszeit ohnehin erforderliche frühe Aussaat im Herbst auch aus diesem Grunde für ratsam. Seiffert[9]) glaubt freilich, daß die Saatzeit auf den Flugbrandbefall von Sommerweizen und Gerste ohne Einfluß ist. Ähnlich liegen die Dinge beim Haferflugbrand. Nachdem Brefeld späte Aussaat des Hafers empfohlen hatte, um den Befall herabzudrücken, war man inzwischen überwiegend der Ansicht, daß

---

[1]) Dickson, J. G., Influence of soil temperature and moisture on the development of the seedling blight of wheat and corn caused by *Gibberella Saubinetii*. Journ. Agric. Res. Wash. **23**, 1923, 868.

[2]) van de Laar, I. H., Onderzoekingen over *Ophiobolus graminis Sacc.* en *Ophiobolus herpotrichus (Fr.) Sacc.* en over de door deze fungi veroorzakte ziekten van Triticum vulgare en andere Gramineae. Inst. Phytopath. Lab. v. Mycol. en Aardappelonderz. Mededeel. **55**, 1931, 102—104.

[3]) Dieses Handbuch Bd. 2. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 648.

[4]) Blunck, H., Die Umstellung im Getreidebau und die Pflanzenkrankheiten. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **48**, 1933, 288.

[5]) Appl, J., Saatzeit und Steinbrandbefall des Weizens. Ztschr. f. d. landw. Versuchswesen i. Österreich **18**, 1915, 45—54.

[6]) Rabien, H., Über Keimungs- und Infektionsbedingungen von *Tilletia tritici*. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **15**, 1928, 349.

[7]) Bonne, C., Untersuchungen über den Steinbrand des Weizens. Angew. Botanik **13**, 1931, 169—209.

[8]) Schaumburg, A., Beiträge zur Frage der Bekämpfung des Weizenflugbrandes mit besonderer Berücksichtigung der Anforderungen des Saatzuchtbetriebes. Diss. Jena 1924.

[9]) Seiffert, J., Empfänglichkeit verschiedener Gerstensorten für *Ustilago hordei nuda* und der Einfluß äußerer Bedingungen auf Höhe des Brandprozent. Kühn-Archiv **12**, 1926, 452.

Frühsaat geringeren Befall zur Folge habe, während neuerdings Moldenhauer[1]) wieder höchsten Befall bei Frühsaat erhielt, während er bei Normalsaat zurückging, um bei Spätsaat wieder anzusteigen. Bei Versuchen mit *Plasmodiophora brassicae* hat Blunck[2]) festgestellt, daß spät ins Freiland gebrachte Kohlpflanzen stärker befallen waren als früh verpflanzte, was er mit dem hohen Temperaturoptimum des Pilzes in Verbindung bringt. Die Bestellung auf hernieverdächtigem Boden ist deshalb im Frühjahr zeitig vorzunehmen, da die Infektionsgefahr mit fortschreitender Jahreszeit bis zum Sommer zunimmt. Graebener[3]) will allerdings auf derartigen Böden gänzlich auf Frühjahrskultur verzichten und nur im Spätherbst Kohlpflanzen setzen, da der Pilz sich dann infolge der niedrigen Bodentemperatur nicht mehr zu entwickeln vermag, während die Pflanze Zeit hat, mit ihren Hauptwurzeln tief in den Boden einzudringen, und so im Frühjahr kaum noch von dem Parasiten geschädigt werden kann.

Durch die Wahl der Saatzeit kann nun nicht nur den jüngsten Entwicklungsstadien der Pflanzen ein Schutz gegen Infektion durch Bodenparasiten gewährt, sondern auch Erkrankungen in späteren Entwicklungsstadien vorgebeugt werden. Denn je nach der Saatzeit tritt in dem gesamten Entwicklungsablauf der Pflanze eine mehr oder minder große Verschiebung ein, die mit Annäherung an die Ernte immer mehr abnimmt. Diese Wirkung veränderter Saatzeit kann, wie schon bei der Sortenwahl festgestellt worden ist, besonders bedeutungsvoll durch Verschiebung von Stadien normaler Prädisposition der Pflanze werden, da hierdurch unter Umständen das Zusammentreffen dieser mit dem Vorhandensein von Schädigungsursachen vermieden wird.

Auf die Bedeutung dieser Zusammenhänge für die Auswinterungsgefahr hat Hülsenberg[4]) hingewiesen. Er glaubt, daß unsere Getreidearten sich in einem oft nur ganz geringe Zeit währenden Zustand besonders großer Frostempfindlichkeit befinden, wenn sie das erste Blatt entwickelt haben. Infolgedessen können Unterschiede im Auflauf um nur einen Tag entscheidend für den Frostschaden werden. Hülsenberg empfiehlt deshalb als ,,beste Versicherung" gegen Auswinterungsschäden eine frühe Saat und bezeichnet Vorschläge, gewisse Krankheiten z. B. Fußkrankheiten durch späte Saat bekämpfen zu wollen, als ein sehr bedenkliches Unterfangen. Ebenso hat auch Janssen[5]) Zusammenhänge zwischen Größe des Frostschadens und Aussaatzeit gefunden, die ihn freilich insofern zu einer etwas andern Schlußfolgerung gelangen lassen, als er vor sehr früher sowohl als sehr später Aussaat warnt, da in beiden Fällen der Frostschaden zunimmt. Steiner[6]) empfiehlt, zur Hintanhaltung jeglichen bzw. zur Vermeidung starken Befalls der Herbstsaat durch *Puccinia triticina* und *P. dispersa* grundsätzlich möglichst späte Aussaat zu wählen, oder eindeutiger gesagt, die herbstliche Saatzeit so einzurichten, daß sich die Pflanzen bis zum Eintritt der Winterruhe nicht mehr oder nur in geringem Maße zu bestocken vermögen, weil Keimpflanzen bis zur Zeit der Bestockung praktisch als rostfrei anzusehen sind. Sommerung soll aus dem gleichen Grunde möglichst früh ausgesät werden, wodurch gleichzeitig erreicht wird, daß zur

---

[1]) Moldenhauer, J., Untersuchungen über die Empfänglichkeit der Wild- und Kulturhaferformen für *Ustilago avenae* mit besonderer Berücksichtigung des Infektionsvorganges. Kühn-Archiv **15**, 1927, 375.

[2]) Blunck, H., Vergleichende Prüfung chemischer Mittel gegen Kohlhernie. Gartenbauwissenschaft **1**, 1928, 164.

[3]) Graebener, Herbstpflanzung gegen Kohlhernie. Gartenwelt **32**, 1928, 558.

[4]) Hülsenberg, H., Auswinterung bei Weizen und verkannte Beizschäden. Pflanzenbau **8**, 1931, 63.

[5]) Janssen, G., Effect of date of seeding of winter wheat on plant development and its relationsship to winterhardiness. Journ. Am. Soc. Agron. **21**, 1929, 464.

[6]) Steiner, H., Einfluß der Saatzeit auf den Herbstbefall der Winterung mit Braunrost. Landw. Jahrb. **80**, 1934, 414. — Ein Beitrag zur Frage der Getreiderostbekämpfung auf kulturellem Wege. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **44**, 1934, 352.

Zeit des stärkeren Erscheinens des Gelbrostes die Entwicklung der Pflanzen schon so weit abgeschlossen ist, daß *P. glumarum* keine günstigen Angriffs- und Verbreitungsmöglichkeiten mehr findet und daher mit einer stärkeren Schädigung nicht mehr zu rechnen ist.

Das bekannteste Beispiel für die Abhängigkeit des Schadens vom Zusammentreffen eines bestimmten Entwicklungsstadiums der Pflanze mit einem solchen des Parasiten bietet *Oscinis frit*. Die Fritfliege bevorzugt bekanntlich bei der Eiablage die im zweiten bis vierten Blatt stehenden Keimlinge der Gramineen. Die Saat muß deshalb so in den Boden gebracht werden, daß dieses Stadium in eine Zeit fällt, in der die Fliege noch nicht oder nicht mehr fliegt und Eier legt. Sommerung ist also früh, Winterung spät auszusäen.[1]) Den Erfolg früher Aussaat des Hafers mag folgender Versuch von Rostrup und Thomsen[2]) veranschaulichen:

| Aussaatzeit | % befallene Pflanzen | Ernte in kg je ha |
|---|---|---|
| 15. April . . . . . | 31 | 1218 |
| 27. „ . . . . . | 35 | 1187 |
| 5. Mai . . . . . | 67 | 435 |
| 15. „ . . . . . | 84 | 266 |

Daß die Aufstellung einer Saatregel mit festem Termin aber auch in diesem Fall nicht möglich ist, haben neuerdings Crüger und Körting[3]) für ein begrenztes Gebiet gezeigt. Blunck[4]) hat deshalb auf Grund der Beobachtung, daß der Massenflug der Fritfliege in der Regel erst zur Zeit des Erblühens der ersten Fruchtäpfel einsetzt, der Saatregel jetzt folgende Fassung gegeben: „Hafer ist so früh zu bestellen, daß er beim Erblühen der ersten Fruchtäpfel in allen Sprossen, die zur Fruchtbildung kommen sollen, über die Bildung des vierten Blattes hinaus ist." Im Gegensatz zum Hafer wird bei der Gerste das Jugendstadium von der Fritfliege im allgemeinen kaum bedroht. Dagegen kann bei ihr, worauf Blunck hingewiesen hat, sehr schwerer Schaden an den Ähren hervorgerufen werden. Blunck hat gleichzeitig festgestellt, daß die Gerstenwinterung durch frühe Aussaat weitgehend und bei Anbau einer zweizeiligen Gerste vielleicht ganz dem Zugriff der Fliege entzogen werden kann. Sommergerste dagegen schneidet am besten ab, wenn sie mittelfrüh in den Boden gebracht wird. Dabei besteht zwischen den Gerstensorten wieder insofern ein Unterschied, als zweizeilige vom *nutans*-Typ auch bei abweichendem Saattermin nicht übermäßig leiden, während mehrzeilige bei sehr zeitiger Saat schwer und bei sehr später Saat bis zur Vernichtung geschädigt werden können. Ähnlich liegen die Dinge bei *Chlorops taeniopus*, nur daß hier, wie früher bemerkt, das anfällige Stadium nicht so eng begrenzt ist, sondern ohne Unterbrechung bis zum Ährenschieben dauert. Deswegen bezeichnen Rostrup und Thomsen[2]) als wirksamstes Mittel gegen Halmfliegenbefall, die Gerste im Frühjahr so zeitig wie möglich in gut bearbeitetem und gedüngtem Boden auszusäen, was Appel[5]) auch für die Aussaat der Winterung im Herbst für ratsam hält, da durch starke Entwicklung frühes Schossen im Frühjahr erreicht wird.

Ein weiteres anschauliches Beispiel für die Möglichkeit, dem Schädlingsbefall durch Verschiebung des Stadiums normaler Prädisposition vorzubeugen, hat Nicolaisen[6]) bekannt gegeben. Nach seinen Beobachtungen ist es wahrscheinlich, daß der Erbsenwickler

---

[1]) Appel, O., Getreidekrankheiten. Berlin 1931, Tafel 3.

[2]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 283 bzw. 290.

[3]) Crüger, O. und Körting, A., Beitrag zur Frage der Fritfliegenbekämpfung an Winterroggen. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. **40**, 1930, 416—430.

[4]) Blunck, H., Die Fritfliege an Hafer und Gerste. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **49**, 1934, 216.

[5]) Appel, O., Gelbe Halmfliege. Deutsche Landw. Presse **59**, 1932, 155.

[6]) Nicolaisen, W., Der Erbsenwickler, *Grapholita (Cydia, Laspeyresia) spec.*, sein Schaden und seine Bekämpfung unter besonderer Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Erbsensorten. Kühn-Archiv **19**, 1928, 253.

seine Eier hauptsächlich an der Blüte der Erbsen ablegt. Je früher deshalb die Aussaat der Erbsen erfolgt, desto niedriger ist bei den frühen und mittelspäten Sorten der Befall. Bei sehr späten Sorten findet dagegen durch spätere Saat Drückung des Befalls statt, da dadurch ein größerer Teil der Blüte dieser Sorten in eine Zeit verlagert wird, in der nur noch wenig Wickler fliegen. Nach den Angaben von Prjanischnikow[1]) werden über 3 cm große Leinpflanzen nicht mehr von *Aphtona euphorbiae* befallen. Deshalb ist frühe Saat angezeigt. Andererseits kann aber auch späte Einsaat helfen, die nach dem Verschwinden des Erdflohs aufläuft. Am meisten geschädigt wird der Lein bei mittlerer Saatzeit.

In anderen Fällen ist das Stadium der normalen Prädisposition nicht so scharf abgegrenzt, sondern geht allmählich in ein solches über, in dem die Pflanze durch Parasitenbefall nicht mehr gefährdet ist.

So wird zeitige Lupinenaussaat empfohlen, da ältere und kräftigere Pflanzen von *Chortophila trichodactyla* nicht mehr befallen werden.[2])

Das leitet schließlich zu denjenigen Fällen über, in denen die Pflanze kein besonderes Stadium normaler Prädisposition durchläuft, sondern frühe Saat im Frühjahr nur insofern von Vorteil ist, als dadurch die Pflanze ihre Entwicklung vor dem stärkeren Auftreten einer Krankheit abschließt oder infolge der Förderung ihrer gesamten Entwicklung weniger Schaden leidet.

Für den ersten Fall sei die Sclerotienkrankheit des Tabaks als Beispiel angeführt. Sie tritt erfahrungsgemäß im Spätsommer und Herbst stärker auf als im Frühjahr und in der ersten Hälfte des Sommers. Deshalb empfiehlt Böning[3]) eine möglichst frühe Pflanzzeit; freilich schränkt er den Wert dieser Maßnahme durch den Hinweis ein, daß in Jahren mit besonders ungünstiger Witterung die Verhältnisse auch einmal umgekehrt liegen können und eine späte Ernte weniger gefährdet ist als eine frühe.

Der zweite Fall läßt sich durch mehrere Beispiele belegen. Im Rübenbau empfiehlt Roemer[4]) so früh zu säen, wie es Witterung, Bodenzustand und Gespannleistungen erlauben, d. h. mindestens sofort nach Beendigung der Getreidesaat. Darin liegt auch der beste Schutz gegen die verschiedensten Schädlinge der Rübe. Bremer und Kaufmann[5]) geben zu, daß der Blattmadenbefall bei früh gedrillten Rüben zwar nicht vermieden wird; sie sind aber zur Zeit des Fraßes schon widerstandsfähiger und „wachsen den Schädlingen schneller aus den Zähnen". Weiter sind die Rüben nach zeitiger Aussaat beim Auftreten der Larven der Rübenaaskäfer so weit gekräftigt, daß sie den Fraß besser überstehen können.[6]) Auch gegen *Chortophila brassicae*[2]) sowie Erdflöhe[1]) wird frühe Aussaat als wirksamer Schutz empfohlen. Ebenso leiden Samenrüben und Pferdebohnen durch *Aphis fabae* um so weniger, je früher sie ausgesät werden.[2]) Rechtzeitige Saat von Hanf hält Prjanischnikow[1]) für angezeigt, weil ersterer dadurch so weit fest und grob wird, daß Teilbeschädigungen durch *Psylliodes attennatus* nicht mehr vernichtend sein können. Rostrup und Thomsen[2]) empfehlen ganz zeitige Bestellung der Möhren, um die Schäden durch *Psila rosae* zu mildern. Andererseits kann man aber auch durch ganz späte Aussaat früher Karotten dem Befall vorbeugen, da dann die erste Generation der Möhrenfliege ihre Eier vor dem Auflaufen der jungen Pflanzen ablegt.

---

[1]) Prjanischnikow, D. N., Spezieller Pflanzenbau. Berlin 1930, S. 454, 169, 511.

[2]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 304, 301, 293.

[3]) Böning, K., Zur Biologie und Bekämpfung der Sclerotienkrankheit des Tabaks *(Sclerotinia sclerotiorum Lib. Massee)*. Phytopath. Ztschr. 6, 1933, 156.

[4]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaues. Berlin 1927, S. 168.

[5]) Bremer, H. und Kaufmann, O., Die Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyami Pz.* Berlin 1931, S. 91.

[6]) Blunck, H. und Hähne, H., Rübenaaskäfer und ihre Bekämpfung. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. Flugblatt 92, 1930.

Das führt zu einem weiteren Gesichtspunkt, der für die Wahl der Saatzeit maßgebend sein kann. In bestimmten Fällen — einzelne wurden schon erwähnt — gelingt es, die Pflanze dadurch dem Parasitenbefall mehr oder minder gänzlich zu entziehen, daß man sie nach der für sie gefährlichen Flugzeit des Parasiten zur Aussaat bringt. Wir haben hier gewissermaßen ein Gegenstück zu der oben erörterten Abhängigkeit der Schädigung durch Bodenparasiten von der Bodentemperatur.

Als wichtigste Maßnahme gegen den Befall durch sämtliche Arten von Getreidefliegen bezeichnet Hiltner[1]) möglichst späte Saat des Wintergetreides im Herbst. In dieser Form dürfte die Regel freilich nicht ganz zweckmäßig gegeben sein. Denn Rostrup und Thomsen[2]) empfehlen z. B. gegen den Befall durch *Hylemyia coarctata* möglichst zeitige Aussaat. Für *Chlorops taeniopus* gilt, wie erwähnt, das gleiche. Mit Recht fordert Schnauer[3]), daß die zur Verhütung des Chloropsschadens günstigsten Saattermine der einzelnen Gegenden versuchsmäßig ermittelt werden, wie das Crüger und Körting[4]) für die Vermeidung des Fritfliegenbefalls bereits begonnen haben. Die Saatzeit muß eben nur so weit herausgeschoben werden, bis die Hauptflugzeit des Schädlings vorüber ist. Zu welchen großen Erfolgen man auf diese Weise kommen kann, zeigt die Weizenernte des Jahres 1921 im Staate Ohio, die sich dadurch verdoppeln ließ, daß die Aussaat einerseits nach der Hauptflugzeit von *Cecidomyia destructor* vorgenommen wurde, andererseits so früh erfolgte, daß der Gefahr des Erfrierens vorgebeugt wurde.[5]) Nicht günstig beurteilt wird im allgemeinen der Versuch, dem Befall der Rüben durch Rübenfliege und Rübenblattwanze durch späte Aussaat vorzubeugen. Bremer und Kaufmann[6]) weisen darauf hin, daß die Annahme einer kurzen, schlagartig verlaufenden Frühjahrsflugzeit von *Pegomyia hyoscyami* wohl in vielen Fällen berechtigt ist, aber nicht immer und daß eine ausreichende Hinauszögerung der Aussaat zu einer bedenklichen Verkürzung der Vegetationszeit führen würde. Anders liegen die Dinge bei der Rübenblattwanze. Ext[7]) hat beobachtet, daß spät gedrillte Felder durchweg besser standen als früh gedrillte. Wille[8]) betont aber, daß dieser geringe Befall spät gedrillter Saat nur darauf zurückzuführen ist, daß die zuerst aufgelaufenen Saaten die Rübenwanzen an sich gelockt haben und diese, da sie im Frühling recht seßhaft sind, nicht mehr weiter wandern. Sobald in einer Gegend einheitlich spät gesät werden würde, würden alle Saaten gleichmäßig befallen werden. Die Verhältnisse liegen also ebenso wie bei *Pyrausta nubilalis*. Für diesen Schädling hat Zwölfer[9]) festgestellt, daß die herabsetzende Wirkung später Saatzeit auf die Befallshöhe eines Maisfeldes erlischt, wenn sich im Umkreis von rund 800 m kein frühzeitig gesäter Mais befindet.

Wenn so im allgemeinen frühe Saat in dem von Wollny umschriebenen Sinne zur Vorbeugung gegen Erkrankung angezeigt ist, so darf doch nicht

---

[1]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 237.

[2]) Rostrup, S. und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, S. 314.

[3]) Schnauer, W., Untersuchungen über Schadgebiet und Umweltfaktoren einiger landwirtschaftlicher Schädlinge in Deutschland auf Grund statistischer Unterlagen. Ztschr. f. angew. Entomol. **15**, 1929, 596.

[4]) Crüger, O. und Körting, A., Beitrag zur Frage der Fritfliegenbekämpfung an Winterroggen. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. **40**, 1930.

[5]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie. Berlin 1923, S. 147.

[6]) Bremer, H. und Kaufmann, O., Die Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyami Pz.* Berlin 1931, S. 90.

[7]) Ext, W., Zur Biologie und Bekämpfung der Rübenblattwanze *Zosmenus capitatus Wolff.* Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **12**, 1925, 19.

[8]) Wille, J., Die Rübenblattwanze, *Piesma quadrata Fieb.* Berlin 1929, S. 103.

[9]) Zwölfer, W., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers (*Pyrausta nubilalis Hb.*) in Süddeutschland. II. Teil. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **17**, 1930, 486.

unerwähnt bleiben, daß eine zu frühe Saat ebenfalls schädlich werden kann. Liegt die Bodentemperatur noch dauernd oder zeitweise unter dem Keimungsminimum der Kulturpflanze, so wird die Keimung ganz unterbleiben oder zögernd vor sich gehen. Dadurch werden naturgemäß die durch geringe Auflaufgeschwindigkeit bedingten Gefahren erhöht.

Als Beispiel seien nur die Versuche von Lind und Ravn[1]) mit *Helminthosporium gramineum* angeführt, bei denen die Krankheit um so stärker auftrat, je frühzeitiger bestellt war. Bekannt ist auch, daß die Zahl der Schosser bei Rüben und Kohlrabi durch frühe Aussaat zunimmt. Roemer[2]) fand z. B. bei einem dreijährigen Rübenversuch mit vier Sorten folgende Zahlen (in %):

| Aussaatzeit | Sorte | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV |
| 19. 4. bzw. 7. 4. bzw. 1. 4. | 1,67 | 2,60 | 5,37 | 11,4 |
| 29. 4. „ 18. 4. „ 12. 4. | 0,86 | 1,60 | 2,70 | 5,13 |
| 8. 5. „ 30. 4. „ 26. 4. | 0,80 | 0,83 | 2,20 | 2,77 |

Bei Rüben wiegen freilich die mannigfachen Nachteile später Saat die Abnahme der Schosser nicht auf, während Hiltner[3]) für Kohlrabi den Anbau in zeitlichen Abständen empfiehlt.

## 5. Saattiefe

Die Saattiefe vermag in mancher Hinsicht einen ähnlichen Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen und ihren Schutz gegen Erkrankung auszuüben wie die Saatzeit. Schon Wollny[4]) hat auf diese gleichsinnige Wirkung hingewiesen:

„Die Pflanzen aus größerer Tieflage des Saatgutes verhalten sich den Pflanzen, welche zu einem späteren Termin angebaut werden, bezüglich Pilzkrankheiten und Schädigungen durch Tiere vollkommen analog."

Die zweckmäßigste Saattiefe ist nun allerdings von den verschiedensten Faktoren abhängig. Allgemein läßt sich mit Wollny nur sagen, daß die Grenzen, innerhalb welcher sie für die einzelnen Pflanzenarten und -varietäten nach Bodenbeschaffenheit, Witterung und Klima unter konkreten Verhältnissen zu bemessen ist, in verhältnismäßig geringen Bodentiefen liegen, und hier wieder ist sie am richtigsten, „wenn der Einfluß der Wärme, der Feuchtigkeit und des Sauerstoffs der Luft zu der Größe der Samen, ihrem besonderen Wasserbedürfnis und der Bodenbeschaffenheit im richtigen Verhältnis steht".[5])

Unter den Klimafaktoren verdient namentlich die Frostgefahr Beachtung. Auch heute noch gültige Richtlinien, wie ihr durch zweckmäßige Saattiefe zu begegnen ist, sind bereits von Wollny gegeben worden. Bei flacher Unterbringung der Samen sind die jungen Pflanzen der Gefahr des Auswinterns weniger ausgesetzt als bei tiefer, weil die bessere Bewurzelung und Bestockung

---

[1]) Nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 56.

[2]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaues. Berlin 1927, S. 167.

[3]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 65.

[4]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 582.

[5]) Rümker, K. v., Saat und Pflege. 5. Aufl. Berlin 1921, S. 37.

sie einmal zu wirksamerem Widerstand gegen das Auffrieren befähigt und zum anderen die Regenerationsfähigkeit und den Schutz der jüngeren durch die älteren Pflanzenteile erhöht.

Einen ausschlaggebenden Einfluß übt die Saattiefe vor allem auf die Schnelligkeit des Auflaufs der Saat aus. Flachere Saat liefert im allgemeinen schneller und kräftiger wachsende Pflanzen und kürzt somit die Dauer des besonders gefährdeten Jugendstadiums ab.

Appel[1]) empfiehlt deshalb auf schweren Böden und Böden, die leicht verkrusten, möglichst flach zu säen, um dem Befall des Getreides durch Fusarium entgegenzuarbeiten. Auch Pichler[2]) warnt zu diesem Zweck vor einem Unterbringen tiefer als 3 cm. Weiter läßt sich das Auftreten der Brandkrankheiten in gewissen Grenzen durch die Wahl der Saattiefe beeinflussen, wenngleich andere Maßnahmen einen unvergleichlich wirksameren Schutz gegen sie bieten. Im allgemeinen wird der Brandbefall durch flachere Saat herabgesetzt werden. Caspar[3]) hat mit zunehmender Saattiefe steigenden Befall des Weizens durch *Tilletia tritici* beobachtet. Bei tiefen Lufttemperaturen kann allerdings auch flache Saat stärkeren Befall zeigen. *Ustilago tritici* trat bei den Untersuchungen von Tiemann[4]) bei mittlerer Saattiefe weniger stark auf als bei ganz flacher oder tiefer. Der Befall des Hafers durch *Ustilago avenae* nahm nach den Angaben von Moldenhauer[5]) mit zunehmender Saattiefe zu. Zu dem umgekehrten Ergebnis ist Seiffert[6]) für *Ustilago hordei* gekommen; mit zunehmender Saattiefe nahm die Höhe des Brandbefalls ständig ab. Im Widerspruch dazu haben Taylor und Zehner[7]) auch für die Getreidebrandarten zunehmenden Befall bei zunehmender Saattiefe gefunden.

Auf Feldern, die von Drahtwürmern heimgesucht werden, hält Hiltner[8]) eine mehr oberflächliche Unterbringung der Saat deswegen für ratsam, weil dann die Schädlinge nicht so leicht den ganzen Keim vernichten, sondern mehr die Wurzeln angreifen, die sich wieder erneuern können. Übereinstimmend damit warnt Subklew[9]) vor tiefem Eindrillen der Saat, weil es das Auflaufen verzögert und das lange, unterirdische Stengelglied dem Drahtwurm außerdem einen besonders geeigneten Angriffspunkt bietet.

Zweckmäßige Saattiefe, die Roemer[10]) auf leichteren Böden und Böden, die nicht zur Verkrustung neigen, mit 4 cm, auf schweren Böden und Böden, die leicht verkrusten, mit 2—3 cm angibt, ist auch wesentlich, um die Zuckerrüben über ihren „schwächsten Punkt", das durch den Wurzelbrand gefährdete Jugendstadium, schnell hinwegzubringen. Kartoffeln werden auf diese Weise am besten dem Angriff von *Rhizoctonia solani* entgehen. Ebenso

---

[1]) Appel, G. O., Fusarium als Erreger von Keimlingskrankheiten. Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **13**, 1925, 297.

[2]) Pichler, F., Der Schneeschimmel. Fortschr. d. Landw. **8**, 1933, 152.

[3]) Caspar, R., Über den Einfluß äußerer Faktoren auf den Steinbrandbefall des Weizens. Kühn-Archiv **12**, 1926, 234.

[4]) Tiemann, A., Untersuchungen über die Empfänglichkeit des Sommerweizens für *Ustilago tritici* und den Einfluß der äußeren Bedingungen dieser Krankheit. Kühn-Archiv **9**, 1925, 447.

[5]) Moldenhauer, J., Untersuchungen über die Empfänglichkeit der Wild- und Kulturhaferformen für *Ustilago avenae* mit besonderer Berücksichtigung des Infektionsvorganges. Kühn-Archiv **15**, 1927, 376.

[6]) Seiffert, J., Empfänglichkeit verschiedener Gerstensorten für *Ustilago hordei nuda* und der Einfluß äußerer Bedingungen auf Höhe des Brandprozent. Kühn-Archiv **12**, 1926, 457.

[7]) Taylor, J. W. und Zehner, M. G., Effect of depth of seeding on the occurence of covered and loose smuts in winter barley. Journ. Am. Soc. Agron. **32**, 1931, 141.

[8]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 21.

[9]) Subklew, W., Der augenblickliche Stand der Drahtwurmbekämpfung. Mitt. Deutsche Landw. Ges. **48**, 1933, 522.

[10]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaues. Berlin 1927, S. 166.

empfiehlt Briton-Jones nicht zu tiefe Aussaat der Baumwolle, da sie andernfalls dem „Soreshin-Pilz" leicht erliegen kann.[1])

Der Einfluß der Saattiefe braucht sich nun aber keineswegs nur auf die allerjüngsten Entwicklungsstadien der Pflanze zu beschränken, sondern kann sich auch auf spätere erstrecken, so daß er auch in diesen sich in einer Herabsetzung oder Erhöhung des Befalls durch Parasiten auswirken kann.

Wollny[2]) hat über das Auftreten von *Claviceps purpurea* in Abhängigkeit von verschiedenen Saattiefen einen Versuch mit Winterroggen angestellt, der für je 100 Pflanzen folgendes Ergebnis brachte:

| Saattiefe | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 |
|---|---|---|---|---|
| Roggenkörner (g) . . . . . . . . | 1391 | 1359 | 1054 | 954 |
| Mutterkörner Zahl . . . . . . . . | 200 | 214 | 575 | 947 |
| Gewicht (g) . . . | 5,3 | 8,9 | 23,6 | 33,3 |

Geringere Saattiefe hat nach Wollny auch zur Folge, daß der Raps weniger von *Meligethes aeneus* heimgesucht wird, während umgekehrt Ackerbohnen nicht selten durch Blattläuse weniger geschädigt werden sollen, wenn das Saatgut tiefer untergebracht wird, weil hierdurch der Eintritt der Blüte verzögert wird und so in eine Zeit fällt, in der die Läuse „nicht mehr vorhanden" sein sollen.

Eine wesentlich wichtigere Rolle noch für gesunde Entwicklung spielt die Wahl der richtigen Pflanztiefe im Obstbau. Gaucher[3]) bezeichnet das Auspflanzen geradezu als eine der allerwichtigsten Verrichtungen in der Obstbaumzucht, von welcher stets die Zukunft des Baumes abhänge. Ein zu tief gepflanzter Baum zeigt mäßiges Fortkommen; die verschiedensten Krankheiten wie Spitzendürre, Krebs, Gummifluß und dergleichen finden günstigste Bedingungen.

Schließlich kann zu tiefe Pflanzung auch direkt die Möglichkeit der Infektion erhöhen, wenn diese vom Boden ausgeht.

Small[4]) empfiehlt flache Pflanzung der Erdbeeren, da sonst die Blattstiele mit dem Erdboden in Berührung gelangen und dadurch *Didymella lycopersici* Gelegenheit zur Infektion findet.

## 6. Standweite

Der Einfluß der Standweite macht sich nach den verschiedensten Richtungen geltend, die für die gesunde Entwicklung der Pflanze von unterschiedlicher Bedeutung sind. Zunächst einmal hat er eine Vergrößerung oder Verringerung des Bodenvolumens zur Folge, das der einzelnen Pflanze zur Verfügung steht. Damit geht eine Änderung in der verfügbaren Nährstoffmenge einher, die jedoch, wie Wollny[2]) nachgewiesen hat, nicht die geringe Ertragsfähigkeit zu dicht bestandener Felder bedingen kann und deshalb auch die Widerstandsfähigkeit der Pflanze kaum nennenswert beeinträchtigen wird. In diesem Sinne

[1]) Nach Braun, H., Der Wurzeltöter der Kartoffel, *Rhizoctonia solani*. Berlin 1930, S. 111.

[2]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 583, 396.

[3]) Gaucher, N., Handbuch der Obstkultur. 3. Aufl. Berlin 1902, S. 222.

[4]) Small, T., A disease of the strawberry plant. Journ. of Pomol. and Hort. science **7**, 1928, 212—215.

spricht sich auch Caspar[1]) bei Erörterung der Ursachen aus, die für das stärkere Auftreten des Steinbrandes in dichten Beständen maßgebend sein können. Nur im Obstbau ist mit einer solchen nachteiligen Wirkung zu geringer Pflanzweite zu rechnen. Hier warnt Hiltner[2]) davor, die Bäume zu eng zu setzen, da sie sich sonst späterhin mit dem Größerwerden gegenseitig die Nahrung wegnähmen und den Zutritt des Sonnenlichtes erschwerten und so zum Überhandnehmen mancher Krankheiten Veranlassung gäben. Anders dagegen steht es mit dem Wasservorrat des Bodens, der um so mehr erschöpft wird, je enger die Pflanzen stehen, ohne daß diese Erschöpfung allerdings direkt der Bestandesdichte proportional geht. Da Trockenheit die Vegetationszeit abkürzt, wird zu dichter Stand unter ungünstigen Verhältnissen vorzeitiges Reifen verursachen oder in schweren Fällen zum Absterben der Pflanzen durch Vertrocknen oder Ausbrennen führen. Man wird deshalb unter solchen Bedingungen durch zweckmäßige Regelung der Saatmengen derartigen Schädigungen vorbeugen können.

Die Bodenfeuchtigkeit leitet über zu der zweiten Gruppe von Faktoren, die weitgehend durch die Bestandesdichte beeinflußt werden, zu den mikroklimatischen Faktoren. Auf ihre Bedeutung für das Auftreten von Pflanzenkrankheiten wurde früher schon bei Besprechung der Düngung hingewiesen. Ihre Änderungen als Folge der unterschiedlichen Bestandesdichte sind bereits von Wollny[3]) treffend gekennzeichnet:

„Im Anfange der Entwicklung kann sich ein Unterschied in dem Wachstum verschieden dicht angebauter Pflanzen nach keiner Richtung hin bemerkbar machen. Licht, Wärme und Wasser sind unter solchen Verhältnissen selbst bei den sehr dicht stehenden Pflanzen noch in vollkommen ausreichender Menge disponibel, und das Wurzelsystem ist noch so schwach, daß von einer gegenseitigen Beschränkung in der Nahrungsaufnahme füglich nicht die Rede sein kann. Aber nicht lange, so treten die Unterschiede hervor. Die gegenseitige Beschattung der eng stehenden Pflanzen bedingt zunächst im Vergleich zu den lichter stehenden ein stärkeres Längenwachstum derselben, ein deutlicher Beweis dafür, daß das Licht in seiner Einwirkung eine Einbuße erlitten hat. Gleichzeitig wird die Bodenfeuchtigkeit alteriert, indem die Pflanzen von dieser um so mehr verbrauchten, je dichter ihr Stand ist. Mit fortschreitender Entwicklung wird der Einfluß der verminderten Wasser-, Licht- und Wärmezufuhr bei übermäßig dichter Saat immer fühlbarer hervortreten und die Produktionsfähigkeit der Pflanzen gegenüber derjenigen der innerhalb gewisser Grenzen lichter angebauten zurückbleiben." Noch nicht berücksichtigt ist von Wollny die Luftfeuchtigkeit, die aber nach neueren Untersuchungen gerade eine entscheidende Rolle beim Zustandekommen der Erkrankung spielen kann.

Welcher von diesen Faktoren für die Erkrankung ausschlaggebend ist, läßt sich naturgemäß generell nicht entscheiden, sondern ist von Fall zu Fall verschieden.

Außerdem wird es sich häufig um ein mehr oder minder enges Ineinandergreifen der verschiedenen Faktoren handeln. Mit Schlußfolgerungen muß man deshalb hier außerordentlich vorsichtig sein, wie folgendes Beispiel zeigen mag:

---

[1]) Caspar, R., Über den Einfluß äußerer Faktoren auf den Steinbrandbefall des Weizens. Kühn-Archiv **12**, 1926, 234.

[2]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Stuttgart 1926, S. 267.

[3]) Wollny, E., Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1885, S. 396.

Zavitz[1]) hat Beobachtungen über den Rostbefall des Hafers bei verschiedenen Standweiten angestellt und dabei nachstehende Werte gefunden:

| Standweite (cm) | Rostbefall (%) |
|---|---|
| 2,5 | 11,8 |
| 5,0 | 15,0 |
| 7,5 | 17,8 |
| 10,0 | 20,9 |
| 15,0 | 25,4 |
| 20,0 | 27,7 |
| 30,0 | 33,2 |

Mit zunehmender Standweite, die auch mit einer kräftigeren Entwicklung der Einzelpflanze verbunden war, stieg demnach der Rostbefall. Ob aber daraus geschlossen werden darf, daß zwischen gesteigerter Wüchsigkeit und vermehrtem Rost ein ursächlicher Zusammenhang besteht, muß bezweifelt werden, da ja mit der größeren Wüchsigkeit die mikroklimatischen Faktoren weitgehend geändert sein können und dadurch der unterschiedliche Befall bedingt sein kann.

Ausreichende Lichtmengen, wie sie ein nicht zu dichter Pflanzenbestand gewährleistet, sind bekanntlich erforderlich, um einer übermäßigen Streckung namentlich der unteren Internodien und der dadurch bedingten Lagergefahr vorzubeugen. Umgekehrt begünstigt reichliche Belichtung durch Beeinflussung der Assimilation der Wirtspflanze den Rostbefall.[2]) Die große Bedeutung der Luftfeuchtigkeit leuchtet ohne weiteres ein, wenn wir an die Abhängigkeit der Sporenkeimung von ausreichender Feuchtigkeit denken. Daß aber die Ausbildung einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre innerhalb dicht stehender Pflanzen eher möglich ist als bei sehr weitem Stand, ist mit Sicherheit anzunehmen, wenn auch experimentelle Belege dafür meines Wissens bisher nicht vorliegen. Diese Tatsache macht es ohne weiteres verständlich, daß zur Verhütung pilzparasitärer Erkrankungen vor einem zu dichten Pflanzenbestand gewarnt wird.

Prjanischnikow[3]) empfiehlt zur Herabsetzung des Rostbefalls sämtliche Maßnahmen, die den Luftzutritt zur Pflanze vergrößern, darunter auch die Drillsaat. Gassner[4]) hat allerdings keinen Einfluß der Standweite beobachten können, glaubt aber trotzdem an die Möglichkeit eines solchen. Vermeidung zu dichter Saat soll dem Auftreten von *Erysiphe graminis* sowie von *Gloeosporium Lindemuthianum* und *Ascochyta pisi* vorbeugen.[5]) Prochaska[6]) fordert große Standweite, um die Erkrankung von Mohn durch *Peronospora arborescens* zu verhindern. Bei Neuanlagen von Reben hält Müller[7]) einen Reihenabstand von mindestens 1—1,2 m für angezeigt, damit mehr Luft zwischen den Stöcken hindurchstreichen kann, welche die Blätter rasch abtrocknet. In dem zu dichten Stand der Reben sieht Müller die

---

[1]) Nach Raines, M. A., Vegetative vigor of the host as a factor influencing susceptibility and resistance to certain rust diseases of the higher plants. Am. Journ. Bot. **9**, 1922, 186.

[2]) Gassner, G., Die Frage der Rostanfälligkeit als ernährungsphysiologisches Problem. Angew. Botanik **9**, 1927, 532.

[3]) Prjanischnikow, D. N., Spezieller Pflanzenbau. Berlin 1930, S. 339.

[4]) Gassner, G., Untersuchungen über die Abhängigkeit des Auftretens der Getreideroste vom Entwicklungszustand der Nährpflanze und von äußeren Faktoren. Zentralbl. f. Bakt., Parasitenk. u. Infektionskrankh. II. **44**, 1916, 613.

[5]) Hiltner, L., Pflanzenschutz. 2. Aufl. Berlin 1926, S. 175, 194.

[6]) Prochaska, M., Beobachtungen über das Auftreten von *Peronospora arborescens* (Falscher Mehltau) auf *Papaver somniferum*. Fortschr. d. Landw. **3**, 1930, 613.

[7]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. 2. Aufl. Karlsruhe 1922, S. 25.

häufigste Ursache für das Versagen der Peronosporabekämpfung. Die Beispiele ließen sich hier natürlich leicht vermehren, ohne daß freilich meistens der exakte Nachweis für die Berechtigung dieser Maßnahme erbracht ist. Diesen vermißt Janisch[1]) auch für die Behauptung, daß genügende Durchlüftung, wie sie allerdings weniger durch Vergrößerung der Standweite als durch Drillen der Pferdebohnen in der Richtung von Norden nach Süden erreicht werden soll, die Lebensbedingungen für die mehr feuchte und warme Luft liebenden Blattläuse verschlechtere. Andererseits empfiehlt aber auch Speyer[2]), in Gebieten, in denen der Obstbau durch das Auftreten von *Psylla mali* gefährdet ist, eine recht lichte Pflanzweite zu wählen, da sehr dichte Anlagen mit feuchtwarmer, verhältnismäßig wenig bewegter Luft dem Apfelsauger besonders zusagen.

Meistens wird jedoch zur Verhütung von Schäden durch tierische Parasiten engere Standweite empfohlen. Der leitende Gesichtspunkt ist in diesem Fall aber nicht die Beeinflussung der mikroklimatischen Faktoren, vielmehr soll in erster Linie der Schaden gemildert werden durch Erhöhung der Pflanzenzahl, so daß bei der Annahme einer gleichen Anzahl von Schädlingen die einzelne Pflanze unter einem geringeren Befall zu leiden haben wird bzw. für eine steigende Anzahl von Pflanzen die Aussicht besteht, dem Befall zu entgehen.

So halten Crüger und Körting[3]) es für unbedingt notwendig, auf Feldern, die von der Blumenfliege bedroht sind, stärker zu säen als normal. Kleine[4]) hat gefunden, daß die gegenüber *Oscinis frit* anfälligen Hafersorten bei Dünnsaat ganz erheblich stärker geschädigt wurden als bei Dichtsaat. Bei ersterer kam es teilweise zum vollständigen Verlust des gesamten Pflanzenbestandes. Genügend dichte Aussaat der Rüben empfiehlt Prjanischnikow[5]), um zur Zeit des Auftretens der Erdflöhe genügend kräftige und gleichmäßige Pflanzen zu besitzen. Hier ist auch das Vereinzeln der Zuckerrüben in Beziehung zum Auftreten von *Pegomyia hyoscyami* zu erwähnen. Bremer und Kaufmann[6]) raten bei drohendem Rübenfliegenbefall Bestände von mangelnder Wuchsfreudigkeit erst nach der Haupteiablage zu vereinzeln. Denn wenn diese nach dem Vereinzeln einem schweren Befall ausgesetzt sind, so wird die Möglichkeit einer konzentrierten Eiablage oder Masseneinwanderung die Gefahr der Lückenbildung ganz erheblich erhöhen. Auch gegen Aaskäferschäden wird Aufschieben der Verzieharbeiten als bestes Mittel empfohlen.[7])

Ein dichter Bestand kann aber noch auf andere Weise dazu beitragen, den Schaden durch tierische Parasiten zu mildern. Fleischmann[8]) hat beobachtet, daß in dichten Beständen das Ährenschieben früher und schneller vor sich geht als in lockeren, während Sappok[9]) darauf hinweist, daß Dünnsaat den

---

[1]) Janisch, R., Lebensweise und Systematik der „schwarzen Blattläuse". Arb. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **14**, 1926, 334.

[2]) Speyer, W., Der Apfelblattsauger, *Psylla mali Schmidberger*. Berlin 1929, S. 101.

[3]) Crüger, O., und Körting, A., Über die Eiablage der Getreideblumenfliege und die unmittelbare Voraussage ihres Schadauftretens. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. **41**, 1931, 55.

[4]) Kleine, Neuere Beobachtungen über *Oscinis frit* und *Thrips* an Hafer. Pflanzenbau **4**, 1927, 81—85.

[5]) Prjanischnikow, D. N., Spezieller Pflanzenbau. Berlin 1930, S. 169.

[6]) Bremer, H., und Kaufmann, O., Die Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyami Pz.* Berlin 1931, S. 91.

[7]) Blunck, H., und Janisch, R., Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Rübenaaskäfer im Jahre 1923. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **13**, 1925, 470.

[8]) Fleischmann, R., Wirkungen des Halmfliegenbefalls bei verschiedenen Sommerweizensorten. Forsch. d. Landw. **6**, 1931, 193—195.

[9]) Sappok, H., Wie bekämpft man die Weizenmade? Mitt. Deutsche Landw. Ges. **41**, 1926, 648.

Weizen zu starker Bestockung zwingt; dabei bleiben die Seitentriebe dem Haupttrieb gegenüber um 8—14 Tage in der Entwicklung zurück und fallen mit Sicherheit *Chlorops taeniopus* zum Opfer. In der Verlängerung der Bestockungsperiode durch Dünnsaat sehen Blunck und Ludewig[1]) auch eine Begünstigung des Befalls durch *Oscinis frit.* Aufhammer[2]) führt dagegen die Verringerung des Fritfliegenschadens in dichten Beständen auf die raschere Ausbildung an Blattmasse zurück.

Auf eine letzte mögliche Folge der Bestandesdichte für das Auftreten von Krankheiten hat Caspar[3]) hingewiesen. Er beobachtete, daß Weizen bei zunehmender Aussaatmenge in steigendem Maße von *Tilletia tritici* befallen wurde.

Diese Erscheinung läßt sich mit Caspar vielleicht so erklären, daß zunächst mit der größeren Anzahl Körner auch eine größere Menge von Sporen in das Saatbeet gelangt. Je enger nun der Standraum ist, um so geringer ist die Bestockung der Einzelpflanze. Da auf der gleichen Fläche die größere Kornzahl nicht entsprechend mehr Halme und Ähren erzeugt, entfallen auf jeden Halm mehr Brandsporen, die ihn infizieren können.

Auch diese Beobachtung spricht also für die schon aus anderem Grunde geforderte nicht zu dichte Saat zur Einschränkung pilzparasitärer Krankheiten.

Ebenso wie der Standortsverbesserung auch nach der Bestellung noch wichtige Aufgaben erwachsen, brauchen die hygienischen Kulturmaßnahmen, soweit sie die Pflanze unmittelbar zum Gegenstand haben, mit der Bestellung nicht immer abgeschlossen zu sein. Bei feldmäßigem Anbau ist eine weitere hygienische Behandlung allerdings fast stets ausgeschlossen. Höchstens bietet in manchen Fällen noch die Wahl der Erntezeit die Möglichkeit, einer Erkrankung vorzubeugen oder ihr Ausmaß zu mildern.

Hierhin könnte man vielleicht die Empfehlung Tomaszewskis[4]) rechnen, Gallmückenkalamitäten durch eine Mahd zur Zeit der Larvenentwicklung in den Blüten auf ein wirtschaftlich erträgliches Maß herabzudrücken.

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse, wenn es sich um wertvolle Kulturen handelt, welche eine Pflege der Einzelpflanze erlauben, wie es im Wein- und Hopfenbau, im Obst- und Gartenbau der Fall ist. Auslichten, Ringel- und Schröpfschnitte des Stammes, Beschneiden der Wurzeln seien als Beispiele derartiger Maßnahmen genannt, auf die im einzelnen näher einzugehen hier zu weit führen würde.

---

[1]) Blunck, H., und Ludewig, K., Die Fritfliege. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. Flugblatt 9, 1930.

[2]) Aufhammer, G., Fritfliegenbefall an Gerstensorten. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzensch. **9**, 1931, 8.

[3]) Caspar, R., Über den Einfluß äußerer Faktoren auf den Steinbrandbefall des Weizens. Kühn-Archiv **12**, 1926, 234.

[4]) Tomaszewski, W., Zur Bekämpfung der Gallmücken, deren Larven in den Blüten von Gräsern schmarotzen. Nachrichtenbl. f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 89—91.

(Abgeschlossen September 1935.)

## B. Entseuchungsmaßnahmen

### a) Bodenentseuchung

Von Regierungsrat Dr. H. Thiem, Berlin-Dahlem



Bodenentseuchung (Bodendesinfektion, Bodenreinigung, Partial Sterilization, Ground Disinfection, Désinfection du sol) ist die Befreiung des Bodens von pflanzenschädlichen Organismen. Massenanhäufungen von solchen sind oft die Folge von dauernden Monokulturen und unzweckmäßigen Fruchtfolgen (Bodenverseuchung). Die Bodenschädlinge siedeln sich entweder mehr oder weniger lange auf den unterirdischen Teilen der Pflanzen an und benutzen diese als Nahrungsquelle, oder sie halten sich dauernd im Boden auf und schädigen indirekt, oder sie legen in ihm nur gewisse Entwicklungszustände zurück, um dann die oberirdischen Teile von Kulturpflanzen heimzusuchen.

Die Bodenschädlinge können sein:

I. Tierische Erreger:

1. Parasiten, die von unterirdischen Pflanzenteilen leben und zwar
   a) bleibend (stationär), z. B. Reblaus, pathogene Fadenwürmer;
   b) zeitweilig (temporär, transitorisch), z. B. Engerlinge.
2. Oikositen, die sich im Boden entwickeln oder aufhalten und indirekt schädigen können und zwar
   a) bleibend (stationär)
      aa) durch Nahrungsaufnahme von oberirdischen Pflanzenteilen, z. B. *Lethrus apterus;*
      bb) durch Vernichtung nützlicher Bodenorganismen (Bakterien), z. B. Protozoen;
   b) zeitweilig (temporär), ohne Nahrungsaufnahme; Puppenzustände zahlreicher Insekten, z. B. *Rhagoletis cerasi*, *Rhynchites betulae*.

II. Pflanzliche Erreger:

1. Parasiten, die unterirdische Pflanzenteile befallen und zerstören; Pilze, Bakterien; z. B. Erreger von Wurzel- und Knollenfäulen.
2. Saprophyten, die von organischen Zersetzungsprodukten leben und indirekt schädigen; z. B. Pilze.
3. Oikositen, die im Boden wachsen und den Kulturpflanzen dadurch Nahrung entziehen; z. B. Unkräuter.

Die wichtigsten bodenbewohnenden pflanzlichen Schädlinge finden sich in folgenden systematischen Gruppen:

Schizomyceten *(Bacterium, Pseudomonas)*; Actinomyceten *(Actinomyces)*; Zygomyceten *(Mucor, Rhizopus)*; Oomyceten *(Aphanomyces, Bremia, Olpidium, Olpidiaster, Phytophthora, Plasmodiophora, Pythium, Synchytrium)*; Ascomyceten *(Calonectria, Glomerella, Gibberella, Ophiobolus, Pleospora, Penicillium, Rosellinia, Sclerotinia, Thielavia)*; Basidiomyceten *(Armillaria, Hypochnus, Tuburcinia, Typhula)*; Fungi imperfecti *(Botrytis, Cylindrocarpon, Cladosporium, Fusarium, Helminthosporium, Moniliopsis, Phymatotrichum, Phoma, Rhizoctonia, Sclerotium, Trichothecium, Verticilium)*.

Von tierischen Schädlingen verbringen rund 95% aller Insekten wenigstens einen Teil ihres Lebens im Boden. Die Bodenschädlinge im engeren Sinne gehören in der Hauptsache zu folgenden systematischen Gruppen:

Protozoen *(Mastigophora, Ciliata)*; Myriopoden *(Julus, Blaniulus)*; Vermes *(Nematoden, Anneliden)*; Mollusken *(Pulmonaten)*; Orthopteren *(Grylliden)*; Isopteren *(Termiten)*; Rhynchoten *(Aphiden, Cocciden)*; Coleopteren *(Silphiden, Elateriden, Chrysomeliden, Curculioniden, Melolonthiden)*; Hymenopteren *(Formiciden)*; Lepidopteren *(Hepialiden, Noctuiden)*; Dipteren *(Osciniden, Anthomyiden, Tipuliden, Bibioniden)*; Mammalia *(Rodentia)*.

Nach neueren Untersuchungen[1]) werden auch gewisse Virus-, insbesondere Mosaikkrankheiten mit Erfolg durch Maßnahmen der Bodenentseuchung unterdrückt. Dasselbe trifft seit langem zu gegenüber der auf unbekannter Ursache beruhenden Erscheinung der sogenannten echten Bodenmüdigkeit, z. B. derjenigen der Rebe.[2])

Für die Anwendungsmöglichkeit und den Erfolg der Bodenentseuchung sind verschiedene Faktoren maßgebend, von denen besonders folgende zu nennen sind: die Einflüsse der Maßnahmen bzw. der angewendeten Mittel auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Bodens und auf seine biotischen Zustände, ihre Wirkungsabhängigkeit von den gegebenen Witterungsverhältnissen und ihre Einwirkung auf den Nachbau. Die Verfahren sollen die Wirtschaftlichkeit der Kulturen nicht in Frage stellen, sich bequem in den Ablauf der landwirtschaftlichen Arbeiten einfügen und in gesundheitlicher Hinsicht für Mensch und Tier nicht nachteilig sein. Gleichzeitig müssen sie auf die Förderung der günstigen Bodeneinflüsse Rücksicht nehmen. In dieser Hinsicht haben sie die Erhaltung der Daseinsbedingungen der nützlichen Bodenorganismen *(Azotobakter, Amylobakter, Clostridium)* bzw. der für das Gedeihen der Kulturpflanzen nützlichen mikrobiellen Umsetzung im Boden (u. a. der Ammonifikation und Nitrifikation) zu gewährleisten.

Die Entseuchung von Böden kann auf biologischem, physikalischem und chemischem Wege erfolgen. Eine scharfe Abgrenzung der Bodenent-

---

[1]) Köhler, E., Viruskrankheiten. Dieses Handb. Bd. 1, II. Teil, 5. Aufl. Berlin 1934, S. 464. — Newhall, A. G., and Chupp, C., Soil treatments for the control of the diseases in the greenhouse and the seedbed. Cornell Extension Bull. **217**, 1931, 4.

[2]) S. 191.

seuchungsverfahren innerhalb der anderen Maßnahmen der Hygiene oder auch gegenüber Maßnahmen der Therapie ist deshalb nicht möglich, weil viele von ihnen gleichfalls auf eine Verminderung der Massenanhäufungen von im Boden vorhandenen pflanzenschädlichen Organismen abzielen.

## I. Bodenentseuchung auf biologischem Wege

Als Bodenentseuchung auf biologischem Wege können alle Maßnahmen zusammengefaßt werden, die sich nicht unmittelbar gegen die aus dem Boden zu entfernenden schädlichen Organismen richten, sondern die ihre Verminderung mit Hilfe anderer Pflanzen oder Tiere bzw. Produkte von solchen bezwecken. In Frage kommen u. a. Störung der aufeinander eingestellten Entwicklungen durch Verschiebung der Bestellzeit, Vorenthaltung der Wirtspflanzen durch Fruchtwechsel, Brache oder Sortenwahl, Begünstigung der Feinde, Anlockung durch Fangpflanzen oder Köder. Es handelt sich also um Verfahren, wie sie bereits im letzten Abschnitt der Kulturmaßnahmen besprochen worden sind[1]) oder an anderer Stelle dieses Buches besprochen werden.

Am wichtigsten sind Fruchtwechsel und Sortenwahl; sie bilden unter Umständen die einzigen eine Entseuchung ermöglichenden Verfahren. Um aber die Fruchtfolge erfolgreich in ihren Dienst stellen zu können, muß bekannt sein, wie lange ein Schädling ohne Wirtspflanze im Boden am Leben zu bleiben vermag. In der Mehrzahl der Fälle sind unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht noch sehr mangelhaft; nicht zuletzt wegen der unter Umständen langen Dauer der zur Klärung dieser Frage erforderlichen Versuchsanstellung.

Versuche von Schaffnit und Voß[2]) haben gezeigt, daß die Dauersporangien von *Synchytrium endobioticum* mindestens $9^1/_2$ Jahre lang im Boden infektionsfähig bleiben können. Länger laufende Versuche scheinen bisher nicht durchgeführt worden zu sein, so daß sich nichts darüber sagen läßt, nach wie lange währendem Aussetzen des Anbaues krebsanfälliger Sorten ein Boden als völlig entseucht angesehen werden kann. Esmarch[3]) hat sich gegen eine Verallgemeinerung des von Schaffnit und Voß gefundenen Ergebnisses ausgesprochen; er glaubt, daß auf einem alljährlich bearbeitetem Boden mit wesentlich besserer Sauerstoffversorgung sich keine so lange Nachwirkung der Verseuchung ergeben haben würde. In Übereinstimmung mit ihm meint Köhler[4]), daß nach allen vorliegenden Erfahrungen ein Feld nach fünf Jahre währender Ausschaltung krebsanfälliger Kartoffelsorten als praktisch frei von wirksamen Dauersporangien angesehen werden kann. Für *Plasmodiophora brassicae* haben Müller-Thurgau und Osterwalder[5]) festgestellt, daß auf stark verseuchtem Boden ein dreijähriges Aussetzen des Kohlanbaues nicht genügte, um eine vollständige Entseuchung herbeizuführen. Späterhin hat Osterwalder[6]) gefunden, daß selbst nach vier-

---

[1]) S. 97—130.

[2]) Schaffnit, E., und Voß, G., Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses im Jahre 1915. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. **26**, 1916, 183.

[3]) Esmarch, E., Untersuchungen zur Biologie des Kartoffelkrebses. Angew. Botanik **9**, 1927, 109.

[4]) Köhler, E., Der Kartoffelkrebs und sein Erreger *(Synchytrium endobioticum Schilb. Perc.)*. Landw. Jahrb. **74**, 1931, 747.

[5]) Müller-Thurgau, H., und Osterwalder, A., Weitere Versuche zur Bekämpfung der Kohlhernie. Landw. Jahrb. d. Schweiz **37**, 1923, 177.

[6]) Osterwalder, A., Kohlhernienbekämpfungsversuche. 3. Mitteilung. Landw. Jahrb. d. Schweiz **43**, 1929, 787.

jähriger Unterbrechung des Kohlanbaues viele Sporen des Pilzes nicht abgestorben waren und die Krankheit im fünften Jahr wieder hervorrufen konnten. Rostrup und Thomsen[1]) halten eine völlige Aushungerung von *Heterodera schachtii* für unmöglich. Diese beiden Autoren[2]) haben in zehnjährigen Versuchen mit *Tylenchus dipsaci* auf Klee festgestellt, daß nach neunjährigem Aussetzen des Kleeanbaues der Klee im ersten Jahr möglicherweise verschont bleibt, im zweiten aber höchst wahrscheinlich befallen wird, so daß durch einen solchen Fruchtwechsel der Boden keinesfalls älchenfrei gemacht wird.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung von Fruchtwechsel und Sortenwahl als Bodenentseuchungsmaßnahme ist die einer genauen Kenntnis des Wirtspflanzenkreises der in Betracht kommenden Schädlinge. Das Ziel, diese durch Vorenthaltung ihrer Wirtspflanzen gewissermaßen auszuhungern, kann aber nur erreicht werden, wenn man sich nicht darauf beschränkt, lediglich die anfälligen Kulturformen vom Anbau auszuschließen, sondern dafür sorgt, daß sich auch unter der spontan auftretenden Flora keine anfälligen Formen befinden, da andernfalls alle Bemühungen um Entseuchung des Bodens durch Fruchtwechsel zur Erfolglosigkeit verurteilt sein können.

Das bekannteste Beispiel hierfür ist der nachteilige Einfluß des Vorkommens namentlich von Cruciferenunkräutern auf Schlägen, die einer sogenannten Rübennematodenreinigungsfruchtfolge unterworfen sind. Rademacher[3]) hat nachgewiesen, daß auch Unkräuter außerhalb der Familie der Cruciferen wie *Stellaria media* und *Plantago lanceolata*, in allerdings sehr geringem Umfang auch *Senecio vernalis* und *Poa annua* von *Heterodera schachtii* befallen werden.

Das Beispiel des Rübennematoden weist auf weitere in diesem Zusammenhange zu beachtende Gesichtspunkte hin. Die Pflanzen zeigen gegenüber *Heterodera schachtii* insofern Unterschiede in ihrem Verhalten, als manche auf die Zysten einen Reiz ausüben und die Larven zum Ausschlüpfen veranlassen, während andere diesen Reiz nicht ausüben und infolgedessen auch nicht befallen werden. Erstere sind als Feind-, letztere als Neutralpflanzen bezeichnet worden.[4]) Durch Anbau von Feindpflanzen kann demnach die Entseuchung beschleunigt werden. Unter bestimmten Voraussetzungen können auch anfällige Pflanzen diesen Zweck erfüllen, indem man sie frühzeitig nach dem Befall vernichtet (Fangpflanzen- und Aktivierungsverfahren). Die Maßnahme wird als biologisches Bekämpfungsverfahren an anderer Stelle dieses Bandes besprochen.

---

[1]) Fuchs, O., Beitr. z. Biologie d. Rübennematoden *Heterodera schachtii*. Z. landwirtsch. Versuchswesen i. Österr. **14**, 1911, 935; Baunacke, W., Untersuchungen z. Biol. u. Bekämpfung d. Rübennematoden *Het. schachtii*. Arb. Biol. Reichsanst. **11**, 1923, 210; Rademacher, B., Die Luzerne und ihre Unkräuter in der Nematodenreinigungsfruchtfolge. Zuckerrübenbau **10**, 1928, 103; Rostrup, S., und Thomsen, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin 1931, 24 u. 100.

[2]) Rostrup und Thomsen, s. [2]), 16, 36.

[3]) Rademacher, s. [2]).

[4]) Roemer, Th., Handbuch des Zuckerrübenbaues. Berlin 1927, 300 (hier weit. Lit.).

### II. Bodenentseuchung auf physikalischem Wege

Hierunter werden Entseuchungsmaßnahmen verstanden, die mechanisch-technischer Art sind sowie solche, bei denen Elektrizität oder Wärme zur Anwendung gelangen. Von den mechanischen Methoden sind hier Bewässerung und Bodenaustausch besprochen worden, da die Verfahren, die auf Kulturtechnik (u. a. Pflügen, Walzen, Anhäufeln), Standortswechsel (Flugsand) und besonderen Herrichtungen (Fanggraben, Schutzkragen u. a.) beruhen, an anderer Stelle des Buches behandelt werden.

#### 1. Mechanische Maßnahmen

##### α) Bewässerung

(Überschwemmung, Submersion, Inundation, Irrigation, Flooding, Immersion, Submergence)

Das Verfahren besteht in mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrender Unterwassersetzung des Geländes während längerer Zeit, um Bodenschädlinge durch Erstickung (Asphyxie) zu vernichten.

In Rußland (Asherbeidshan)[1]) wird es seit Jahrhunderten, in Chile und Argentinien seit Bestehen eines ausgedehnten Weinbaues regelmäßig durchgeführt. In Griechenland hatte es früher große Verbreitung, desgleichen in Frankreich zur Bekämpfung der Reblausseuche, daselbst von Siegle und Foucon 1868 eingeführt (1883 18 000 ha, 1889—1904 jährlich über 30 000 ha Weinberge behandelt).[2])

Hauptvoraussetzungen für die Durchführung dieser Maßnahme sind: Ebene Lage des Geländes, weitgehende Wasserundurchlässigkeit des Untergrundes und, zwecks gleichmäßiger Verteilung des Wassers, Anlage von Dämmen und leicht geneigten Zu- und Abflußgräben. Stehendes, schlammhaltiges Wasser aus Teichen und Seen ist wegen seiner Sauerstoffarmut und seiner düngend wirkenden Rückstände besser geeignet als fließendes klares Wasser; auch bei Bewässerung mit Gebirgswasser können dem Boden erhebliche Mineralsubstanzen zugeführt werden.[3]) Untauglich ist das Verfahren zur Bekämpfung pathogener Pilze und Bakterien im Boden, z. B. auf Beeten in Gewächshäusern.

Um Wurzelfäule der Pflanzen zu verhindern, muß nach der Bewässerung für eine möglichst rasche und gründliche Entwässerung bzw. Trockenlegung des Feldes gesorgt werden.

Ungeeignet sind für die Behandlung zu stark wasserdurchlässige und völlig undurchlässige, also steinige, schotterige, sandige und stark tonige Bodenarten. In Südfrankreich haben sich am besten die herbstlichen Unterwassersetzungen bewährt, indessen sind solche auch im Winter und Sommer durchgeführt worden.

---

[1]) Troitzki, N. N., Die Reblausfrage in Rußland. Anz. f. Schädlingskunde 3, 1927, 127; Printz, Y. I., (Entomolog. Jahresber. 1925/26). Vitic. Union Concordia, Baku 1926. Ders. *Phylloxera* in Asherbeidshan. Tiflis 1935.

[2]) Mayet, V., Les insectes de la vigne. 1890, S. 123—134, 159, 160; Czéh, A., und Molnár, St. v., Anleitung zum Weinbau in Reblausgebieten. 1895, S. 19—33; Thiem, H. in Müller, K., Weinbaulexikon 1930 (Submersionsverfahren).

[3]) Roemer, Th., Beobachtungen auf dem Gebiete des Ackerbaues i. d. Vereinigten Staaten von Nordamerika. Ber. über Landw., Neue Folge 4, 1926.

Wegen der ertragsteigernden Wirkung wurde daselbst das Verfahren für Weinberge zu einer bleibenden Kulturmaßnahme.

Abgesehen von *Phylloxera vastatrix* sind künstliche oder natürlich eintretende Unterwassersetzungen erörtert worden gegen Thripsbefall (im Gewächshaus)[1], *Gryllotalpa vulgaris* (u. a. in Zuckerfeldern auf Java)[2], *Scutigerella immaculata*[3]) (in den Vereinigten Staaten von Amerika im Winterhalbjahr 2—3 Wochen 30 cm tief), *Acrididae* bei fortgeschrittener Eientwicklung an der unteren Wolga[4]), *Tomaspis saccharina* in Zuckerrohrfeldern auf Trinidad[5]), Engerlinge von *Ligyrus fossator* und *L. fossor* auf Zuckerrohrfeldern in Brasilien[6]), Eier der Pentatomide *Scotinophara lurida* an Reis in China[7]), Eier der Fulgoride *Nisia atrovenosa* an Reis in China[8]), Engerlinge von *Melolontha* in Brasilien[9]), Larven von *Allorrhina* bei einer Einwirkungsdauer von 48 bis 65 Stunden[10]), *Leucopholis irrorata* (einen Tauchversuch von 96 Stunden überlebten 25% Larven, einen solchen von 100 Stunden 72,5%)[11]), Agrotislarven, Carabiden u. a. Insekten an Baumwolle und Mais im Mississippigebiet bei einer Dauer von länger als 1 Woche[12]), Drahtwürmer in japanischen Zuckerrohrfeldern vor der Bepflanzung während 4—5 Tagen[13]), Drahtwürmer in USA. und in Frankreich[14]), *Pectino-*

---

[1]) Wardle, R. A., The relation between degree of infestation and water supplied. Ann. Appl. Biol. **14**, 1927, 482—500.

[2]) Friederichs, s. [6]); Jarvis, E., Cane pest combat and control. Queensland Agr. Jl. **24**, 1925, 219—223.

[3]) Wymore, F. H., The garden centipede, *Scutigerella immaculata*, a pest of economic importance in the west. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 520—526 u. The garden centipede. Bull. Cal. Agr. Exp. St. **518**, 1931; Labrieu, G., Contribution à l'étude de *Scutig. immacul.* Rev. Zool. Agr. **33**, 1934, 167—174.

[4]) Predtechenskii, S. A., (The acrididae of the lower Volga region). Comment. Inst. Astrach. Defens. Plant. **2**, 1928.

[5]) Smith, E. B., Suggestions for the control of froghoppers on sugar-cane estates. Trinidad and Tobago, Min. and Proc. Froghopper Invest. Comm. **5**, 1926, 118—123.

[6]) Friederichs, K., Die Grundfragen u. Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie. 1930, II, 237, 293.

[7]) Liu (Chi-ying), (Experiments on the location and submergence of the eggs of *Scotinophara lurida*). Ent. and Phytopath. Hangchow **1**, 1933, 12—16; Commun, R., Travaux d'entomologie. Bull. Econ. Indochine **33**, 1928/29, 1930, 1—28.

[8]) Cheng (Kao-tsiang), (Observations on the morphol. a. hibernation of the rice fulgorid. *Nisia atrovenosa*.) Ent. and Phytopath. Hangchow **2**, 1934, 218—219.

[9]) Les hannetons de la canne à sucre au Brésil. Rev. Scient. (Paris) **55**, 1917, 20.

[10]) Hintze, A. L., The behaviour of the larvae *Cotinis nitida*. Ann. Ent. Soc. America **18**, 1925, 31—34; Price, W. A., The green june beetle in lawns. Jl. Ec. Ent. **27**, 1934, 69; Nichol, A. A., A study of the fig beetle, *Cotinis texana*. Tech. Bull. Ariz. Agr. Exp. St. **55**, 1935, 155—198.

[11]) Lopez, A. W., Ability of mature grubs of *Leucopholis irrorata* to survive submergence in water. Philipp. Jl. Sc. **42**, 1930, 307—308.

[12]) Coad, B. R., Floods disturb balance of nature in the world of insects. Yearbook of Agr. 1927, Wash. 1928; Langston, J. M., Cutworm investigations following the overflow. Quart. Bull. Mississippi Plant Board **8**, 1928, 7—8; Bishara, J., The greasy cutworm *(Agrotis ypsilon)* in Egypt. Bull. Min. Agr. Egypt **114**, 1932.

[13]) Miwa, Y., and Yanagihara, M., The effect of Elaterid beetles on sugar-cane planting in Formosa. Jl. Trop. Agr. **1**, 1929, 275—289.

[14]) Mesnil, L., Nos connaissances actuelles sur les Elaterides nuisibles en France. Rev. Path. vég. Ent. agr. **17**, 1930, 178—204.

*phora gossypiella* im Überschwemmungsgebiet des Nils in Ägypten[1]), Larven von *Diatraea saccharalis* bei Stauung großer Wasserflächen in USA.[2]), *Aegeria rutilans* in Oregon[3]), Larven von *Schoenobius* in Reisstoppeln.[4])

Der Erfolg der Bewässerung hängt ab von der Widerstandsfähigkeit der Schädlinge gegen Sauerstoffmangel und vom Grad der Luftverdrängung aus dem behandelten Boden. Letzterer ist abhängig u. a. von der Bodenart, Feuchtigkeit, Dauer der Bewässerung. Pflanzliche und tierische Organismen sind während ihrer Entwicklung empfindlicher als nach Abschluß derselben; im ersteren Zustand wirkt die Bewässerung im allgemeinen schneller, im letzteren langsamer. Die Behandlung junger Pflanzen ist wegen ihrer größeren Empfindlichkeit riskanter und wird deshalb weniger bevorzugt. Die künstliche Bewässerung ist somit kein Radikalmittel.

In Frankreich mußte das Verfahren gegen die Wurzelläuse der Reblaus jährlich wiederholt werden. Von *Heterodera radicicola* verseuchte Böden waren in allen Fällen erst nach einer 4—5 Monate langen Bewässerung entseucht, nach einer Unterwassersetzung von 6 Wochen waren noch Nematoden vorhanden.[5]) Stift[6]) fand auf einem befallenen Acker nach fast 4 Monate langer Überflutung an nachher eingesäten Rübenpflanzen noch *Heterodera schachtii*. Nematodenkranke Pflanzen wurden bei Zimmertemperatur erst nach 9 Monate langer Unterwassersetzung befallsfrei.[7])

Die Larven von *Tipula paludosa*[8]) werden durch Überschwemmung der Wiesen im Winter nicht getötet; sie vertragen sogar einige Zeit Salzwasser. Überwinternde Larven von *Pyrausta nubilalis*[9]) vermögen innerhalb der Maisstengel Überflutungen länger als 100 Tage zu überstehen.

Mit anhaltender oder oft wiederholter Unterwassersetzung können erhebliche Nachteile verbunden sein, z. B. Begünstigung der Wurzelfäule bei zu langsamer

---

[1]) Willcocks, F. C., What effect has flooding of a cotton field by infiltration from high Nile on the numbers of the pink bollworm in that field? Bull. Soc. Ent. Egypt **4**, 1916, 105—108; Dudgeon, G. C., and Cartwright, W., Treatment of cotton in the field as a combative measure against *Gelechia* attacks. Agr. Jl. Egypt **7**, 1917, 120—133; Cartwright, W., ibid. **8**, 1918, 43—53.

[2]) Holloway, T. E., Haley, W. E., Loftin, U. C. a. Heinrich, C., The sugar-cane moth borer in the United States. U. S. Dep. Agr. Techn. Bull. **41**, 1928.

[3]) Thompson, B. G., The Aegeriidae or clearing moths occurring in Oregon. 19. Bienn. Rep. Oreg. Bd. Hort. 1927, 125—138.

[4]) Liu and Ma, Spring submergence of rice stubbles as a control measure of the rice-borers. Ent. and Phytopath. Hangchow **1**, 1933, 443—451.

[5]) Watson, J. R., Control of root-knot. Florida Agr. Exp. St., Bull. **159**, 1921, und Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 225—229; Jones, L. H., Eradication of nematodes and parasitic fungi in greenhouse soils. Mass. Ent. St. Bull. **247**, 1929, 310; Brown, L. N., Flooding to control root-knot nematodes. Jl. Agr. Res. **47**, 1933, 883—888.

[6]) Stift, A., Bekämpfung der Rübennematoden durch Überflutung. Wiener Landw. Zeitung **53**, 1903, 621—622.

[7]) Müller, H. C., und Molz, E., Versuche zur Bekämpfung der Rübennematoden *Het. schachtii*. Z. Ver. Deutsch. Zuckerindustrie **51**, 1914, 1034.

[8]) Bodenheimer, F. S., Beitr. z. Kenntnis von *Tipula oleracea*. Z. angew. Ent. **9**, 1923, 34—36.

[9]) Crowell, M. E., The european cornborer: Relation of the larvae to submergence. New Hampshire Agr. Exp. St., Techn. Bull. **30**, 1926.

Entwässerung, umfangreiche Vernichtung von Insektenparasiten, verminderte Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Parasitenbefall.[1]) Auf die letztere Erscheinung hat vor allem Lees[2]) hingewiesen. *Fraxinus excelsior* leidet in Sumpf- und Überschwemmungsgebieten auffällig stark unter Befall von *Eulecanium corni*.

Auf den Vorteil örtlich beschränkter Bewässerungen, z. B. gegen die Maulwurfsgrille sowie gelegentlicher Überschwemmungen gegen Hamster und Feldmaus, sei hingewiesen.

#### β) Bodenaustausch

Diese Maßnahme ist bei Ersatz kleiner, durch Kultur und Schädlinge entwerteter Erdmengen (in Saatbeeten, Gewächshäusern) gebräuchlich; sie ist zu empfehlen, wenn wirklich gesunde, frische Erde zur Verfügung steht, die nicht mit bereits gebrauchter in Berührung gekommen ist. Hauptnachteil des Verfahrens ist — abgesehen von den ziemlich beträchtlichen Transportkosten, dem erhöhten Verbrauch von Düngemitteln, der Schwierigkeit, frische Erde unverseucht zu lagern — die Gefahr rascher Verseuchung des frischen Bodens vom Untergrund, von den Wänden und Röhren der Gewächshäuser und der Saatbeete, sowie von den Transportgeräten (Schaufeln, Spaten, Karren) und den Stiefeln des Arbeitspersonals aus. Diese Infektionsquellen können nur bei Anwendung von Entseuchungsmitteln vermieden werden.

### 2. Anwendung von Elektrizität

Die wiederholt angeregte und versuchsweise im Freiland durchgeführte Bodenentseuchung auf elektrischem Wege, z. B. gegen *Phylloxera vastatrix, Heterodera schachtii*, Elateridenlarven, ist bisher ergebnislos verlaufen.[3]) Desgleichen hat die Behandlung von mit Kartoffelkrebs verseuchtem Kompost keinen eindeutigen Einfluß gehabt.[4]) Die Schwierigkeit des Verfahrens liegt in dem außerordentlich hohen Widerstand der Erde und der geringen Empfindlichkeit der Bodenorganismen gegen elektrische Ströme. Der Boden wird in der Nähe der versenkten Metallplatten rascher erhitzt und trocken.

[1]) Howard, A., The influence of soil factors on disease resistance. Ann. Appl. Biol. **7**, 1921, 373—389.

[2]) Lees, A. H., Insect attack and the internal condition of the plant. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 506—515.

[3]) Denkschrift über Bekämpfung der Reblaus f. 1896, S. 75, 1898, S. 86, 1905, S. 106; Weinlaube **38**, 1906, 217—218; Tempel, W., Ein Versuch zur Drahtwurmbekämpfung mittels elektrischen Stromes. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **3**, 1923, 60; Kind, W., Elektrische Bodenerwärmung. Technik d. Landw. **10**, 1929, 285—290; Riede, W., Elektrizität und Pflanzenwachstum. Gartenbauwissensch. **1**, 1929, 431; Headlee, T. J., The differential between the effect of radio waves on insects and on plants. Jl. Ec. Ent. **24**, 1931, 427—437; Carney, L. B., Electric soil sterilization. Agr. Engin. **13**, 1932, 95—96; Dix, W., und Rauterberg, E., Die Sterilisation des Bodens mit Hilfe des elektr. Stromes. Arch. Pflanzenbau **10**, 1934, 172—190; Krewatch, A. V., and Kable, G. W., Electric soil sterilization. Nat. Rur. Elect. Proj. Coll., Park, Md., Rpt. M. **11—15**, 1933; Suhr, H., Ein Versuch zur Bekämpfung des Rübennematoden *Het. schachtii* durch Elektrizität (Dissertation Kiel 1931). Ref. Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **43**, 1933, 689.

[4]) Dix und Kühlmorgen, Untersuchungen über Keimung der Dauersporangien von *Synchytrium endobioticum*. Pflanzenbau **9**, 1932/33, 209—216.

Newhall[1]) berichtet neuerdings über günstig verlaufene Versuche zur Entseuchung von kleinen Erdmengen in kastenartigen Behältern, einem Ohio- oder Widerstandstyp mit horizontalen Elektroden an Deckel und Boden, 0,07 cbm fassend, und einem Neuyork-Typ mit Heizelementen, 0,14 cbm fassend. Für den Erfolg des Verfahrens ist die Regulierung des Feuchtigkeitsgehaltes der Erde von ausschlaggebender Bedeutung. Die Vitalität der vorhandenen Entwicklungszustände der Organismen ist in trocknen Böden bedeutend größer als in feuchten. Der Feuchtigkeitsgehalt der zu entseuchenden Erde soll bei Beginn der Behandlung etwa $\frac{2}{3}$ ihrer Wasserkapazität betragen bzw. etwas höher sein, als die Pflanzen optimal zum Wachstum benötigen. Unter solchen Bedingungen wirkt die elektrische Bodenentseuchung tödlich auf pathogene Bakterien bei 46—56° (seltener bei 60—68°), auf pathogene Pilze unter 70°, *Heterodera marioni* bei 43° und inaktivierend auf Vira bei 70° und 90°. Die Kosten des Verfahrens betragen bei Erhitzung von 0,028 cbm auf 70° 3—6 cents (Verbrauch 1—2 kwh; 1 kwh 3 cents).

## 3. Anwendung von Wärme

Wärmeenergie findet vornehmlich praktische Verwendung zur Entseuchung von Gewächshaus- und anderen Anzuchtböden. Die verschiedenen Anwendungsformen beruhen auf der Grunderscheinung, daß das an bestimmte Temperaturen gebundene Leben der Organismen bei deren Überschreitung zerstört wird, sowie auf dem alten Erfahrungssatz, daß bei zweckmäßiger Durchführung der Maßnahme der Ertragswert des Bodens nicht gemindert, sondern im Gegenteil beträchtlich gesteigert wird. Dabei ist Voraussetzung, daß die biotischen und abiotischen Eigenschaften des Bodens erhalten bleiben, d. h. daß der Boden nicht totgebrannt und nicht völlig sterilisiert wird. Bei starker Überhitzung wird der Boden bleibend verändert; seine Regeneration ist langwierig und umständlich, unter Umständen überhaupt nicht mehr möglich. Die verschiedenen Kulturböden verhalten sich in dieser Hinsicht unterschiedlich.[2])

### α) Trockene Hitze

Die älteste Anwendungsform (bei Indiern[3]), Ägyptern, Indianern) ist das Bodenfeuer (Stoppel-, Feldrain-, Grasflächen- und Waldstreifenabbrennen) oder das Verbrennen zusammengezogener Erntereste[4]), um die Fruchtbarkeit des Bodens infolge mikrobiologischer, physikalischer und physiologischer Veränderungen zu heben und schädliche Insekten (*Thrips*, *Piesma quadrata*, *Blissus leucopterus*, *Nisia atrovenosa*) zu vernichten. Nach Stebutt[5]) ist im Gebiet

[1]) Newhall, A. G., The theory and practice of soil sterilization. Agr. Engin. **16**, 1935, 65—70; Newhall, A. G., and Nixon, M. W., Disinfesting soils by electric pasteurization. Corn. Univ. Agr. Exp. St., Bull. **636**, 1935, 20 S. (hier weit. Literatur).

[2]) Schulze, C., Einige Beobachtungen über die Einwirkung der Bodensterilisation auf die Entwicklung der Pflanzen. Landw. Versuchsstation **65**, 1906, 137—147.

[3]) Mann, H. H., Joshi, N. V., and Kanitkar, N. V., The "rab"-system of rice cultivation in Western India. Mem. Dep. Agr. India, Chem. Ser. **2**, 1912, 141; Thompstone, E., Agr. Jl. India **11**, 1916, 204—205.

[4]) Burgess, R., A contribution to the study of the effect of partial sterilization of soil by heat. Zentralbl. Bakteriol. 2. Abt., **78**, 1929, 497.

[5]) Stebutt, A., Lehrbuch d. allgemeinen Bodenkunde. Berlin 1930, 337.

der Urwälder von Nordrußland das Waldbrennen noch üblich. Das Boden- und Erdbrennen wird u. a. so durchgeführt, daß man Langholz, Stroh, Stoppeln usw. auf der zu schützenden Bodenfläche ausbreitet und abbrennt. Die zurückbleibende und untergehackte Holzasche wirkt düngend, indessen ist die Tiefenwirkung der erzeugten Hitze schwankend und unsicher (oberflächlich bis 10 mm 111°, bis 2,5 cm 75°).[1] Durch Abbrennen von Busch- und Blockholz soll die Wildfeuerkrankheit unterbunden werden können.[2])

In Indien reicht in der Ebene die natürliche oberflächliche Hitze aus, um *Phytophthora infestans* zu töten und im darauffolgenden Jahr die betreffenden Felder erneut mit Kartoffeln bepflanzen zu können.[3]) Die in Ägypten zwischen der Ernte der Winterfrucht und der Nilüberschwemmung übliche Bracheperiode *(sheraqui)* wird im Sinne einer natürlichen Bodenentseuchung gedeutet.[4]) In Hawai erreichen die Bodentemperaturen im Freien und in mit Papier bedecktem (gemulchtem) Felde tagsüber eine Höhe, daß *Heterodera radicicola* oberflächlich bis zu einer Tiefe von 7,5 cm zugrunde geht. Zur Bekämpfung des Schädlings wird tiefgründiges Umpflügen empfohlen, um auch die unteren Bodenschichten auszutrocknen.[5]) Auch innerhalb der gemäßigten Zone bewirkt anhaltende Trockenheit, oberflächliches Austrocknen des Bodens durch die Sonne oder häufiges Wenden desselben weitgehende Veränderungen im Bestande der Mikroorganismen sowie der Kohlensäure- und Nitratbildung.[6])

Bei Ausnützung der Sonnenenergie oder der Plätze vor Feuerungsanlagen können kleine Erdmengen während 1—2 Wochen völlig lufttrocken und dadurch nematodenfrei gemacht werden; nicht getötet werden auf diese Weise parasitische Pilze und Bakterien.[7])

---

[1]) Peters, L., und Schwartz, M., Krankheiten und Beschädigungen des Tabaks. Mitt. Biolog. Reichsanst. H. 13, 1912, 18; Parks, T. H., Fall practices to destroy cereal crop insects. Mthly. Bull. Ohio, Agr. Exp. St. **35**, 1918, 333—336; Yucht, Kiefernspannerbekämpfung. Z. angew. Entom. **11**, 1925, 234; Goesch, Wendt, Guderian, Grünberg in: Der Deutsche Forstwirt **11**, 1929, 69, 139, 573, 602.

[2]) Berthold, Th., Zur Verhütung d. Wildfeuerkrankheit im Tabaksaatbeet. Mitt. Deutsch. Landw. Ges. **47**, 1932, 784—785.

[3]) Miège, s. S. 168[8]).

[4]) Prescott, J. A., A notice on the *sheraqui* soils of Egypt. A study in partial sterilization. Jl. Agr. Sci. **10**, 1920, 177—181.

[5]) Hagan, H. R., Die in den Ananasfeldern von Hawai herrschenden Bodentemperaturen und ihre Beziehungen zu der Nematode *Het. radicicola*. Soil Sci. **36**, 1933, 83.

[6]) Richter, L., Über die Veränderungen, welche der Boden durch Sterilisieren erleidet. Landw. Vers. Stat. **47**, 1896, 269; Rahn, O., Bakteriol. Untersuch. über das Trocknen des Bodens. Zentralbl. Bakteriol. 2. Abt., **20**, 1908, 38—61; Ritter, G., Das Trocknen der Erden. Zentralbl. Bakt. 2. Abt., **33**, 1912, 116; Kelley, W. P., and Mc George, W., The effect of heat on Hawaiian soils. Hawaii Agr. Exp. St. Bull. **30**, 1913; Aquatias, P., Installation pour stériliser la terre par la chaleur sèche. Gard. Chron. **59**, 1916, 10; Waksman, S. A., and Starkey, R. L., Partial Sterilization of soil, microbiological activities and soil fertility. Soil Sci. **16**, 1923, 137—156, 247—268, 343—358; Waksman, S. A., Der gegenwärtige Stand der Bodenmikrobiologie und ihre Anwendung auf Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenwachstum. Berlin 1930; Bremer, H., Unters. über Biologie und Bekämpfung des Erregers der Kohlhernie. Landw. Jahrb. **59**, 1924, 234; Düggeli, M., Der Einfluß des Austrocknens auf die Bakterien des Bodens. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **38**, 1929; Burgess, s. S. 139[4]); Niklas, H., Czibulka, F., und Hock, A., Bodenkunde. Band 1. Literatursammlung d. Agricultur-Chemie. 1931, 620.

[7]) Jones, s. S. 137[5]); Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 44.

Bei der in gewissen Fällen leicht durchführbaren und billigen Art der Anwendung von trockener Hitze gehen jedoch wertvolle adsorptionsfähige Humusstoffe verloren und werden zahlreiche nützliche Insektenparasiten vernichtet; auch ist die Wirkung nicht immer gesichert.

Die entseuchende Wirkung der Bodenfeuer suchte man zu verbessern durch Begießen der Bodenoberfläche mit brennbaren Schwerölen oder unter Zuhilfenahme von Flammenwerfern, aus deren Spritzdüse Öl verspritzt wurde.[1]) Milbrath[2]) vermochte eine größere von *Lippia nodiflora* bewachsene Fläche durch Übergießen und Anzünden von Öl von *Sclerotium rolfsii* nicht zu entseuchen. Unmittelbar nach erfolgter Verbrennung des Öles hatte der Boden in 10 cm Tiefe nur eine Temperatur von kaum 4⁰. Bertus[3]) verbrannte die befallenen Pflanzen an Ort und Stelle und behandelte darauf die Bodenoberfläche mit einem Fungizid. Gegen Puppen von *Rhagoletis cerasi* konnte der Boden bis zu 3 cm Tiefe weder durch 1—4 l/qm Petroleum, das angezündet wurde, noch durch große Ätzkalkgaben auf die benötigte Abtötungstemperatur gebracht werden.[4]) Kein praktisches Ergebnis hatten Versuche gegen Kartoffelkäfer bei Anwendung von Petroleum und Schwerölen.[5]) Dasselbe war gegenüber Kartoffelkrebs der Fall durch Verbrennen von Thermit (eine Mischung von Aluminium und Eisenoxyduloxyd[6]), das beim Verbrennen 3000⁰ erzeugt.

Demgegenüber führt man in England die nach den Kriegsjahren aufgetretenen Graseulenkalamitäten auf die Unterlassung des früher im März und April geübten Abbrennens der Grasflächen zurück.[7])

Das Erhitzen der Bodenkrume durch fahrbare Geräte (Dampfpfannen) blieb im Großen unwirksam; infolge Überhitzung führte es sogar zur Verschlechterung der Wasseraufnahmefähigkeit der Bodenoberfläche.[8]) Die für derartige Zwecke auf der Versuchsstation zu Rothamsted erfundene Maschine scheint sich nicht bewährt zu haben.[9])

In England und Amerika findet trockene Hitze (baking) praktische Anwendung zur Behandlung kleiner Erdmengen in Pfannen (in einfachster Form ein über eine Heizröhre gelegtes Eisenblech), festen oder fahrbaren Spezialöfen (Systeme Holmes und Sterilatum) oder selbstgemauerten, mit Heiz-

---

[1]) Feytaud, J., Étude sur le doryphore et les moyens de le détruire. Ann. Epiphyt. **9**, 1923, 209—306 und La lutte contre le doryphore. C. R. Acad. Agr. France **9**, 1923, 77, 271, 292, 336; Boischot, P., La désinfection des sols, ses applications en culture maraîchère. C. R. Séances 1927, 260.

[2]) Milbrath, D. G., Treatment of soil for prevention of plant diseases. Dep. Agr. St. Calif., Mo. Bull. **18**, 1929.

[3]) Bertus, L. S., A sclerotial disease of groundnut caused by *Sclerotium rolfsii*. Abst. Ceylon Dep. Agr. Yearbook 1927, 41—43.

[4]) Wiesmann, R., Untersuch. über Lebensgeschichte und Bekämpfung der Kirschfliege. Landw. Jahrb. Schweiz **34**, 1933, 751.

[5]) Feytaud, s. [1]).

[6]) Köck, G., und Greisenegger, K., Kartoffelkrebsversuche. Neuh. a. d. Gebiet des Pflanzenschutzes **26**, 1933, 122—123.

[7]) Rostrup und Thomsen, s. S. 134 [2]), 230.

[8]) Gifford, C. M., The damping off of coniferous seedlings. Vermont Exp. St., Bull. **157**, 1911, 143—171.

[9]) The breaking up of grassland. Rothamsted Exp. St. Rep. 1915/17, 1918, 9—12.

rost, Leitungskanälen und „Backraum" versehenen Einrichtungen (System Warburton Baking Apparatus).[1]) Das Verfahren erfordert größere Umsicht als die Anwendung von feuchter Hitze, zerstört aber die organischen Bestandteile des Bodens gründlicher. Wegen der Vernichtung von Bodenkolloiden ist trocken erhitzte Erde für Topfkulturen weniger geeignet, da sie leichter austrocknet und lange keim- und wachstumsverzögernd wirkt; sie wird deshalb häufig mit jungfräulichem Boden gemischt. Eine Überhitzung auf mehr als 100° ist durch wiederholtes Umbetten und Unterhaltung schwacher Feuer zu vermeiden. Die behandelte Erde bedarf einer Erholung bzw. Lagerung von 6 Wochen.

Das auf einer Eisenplatte vorgenommene Erhitzen (70°) nematoden- und pilzverseuchter Erde, die alsbald benutzt werden kann, ist wiederholt beschrieben worden.[2]) Nematodenverseuchte Erde von Gewächshausbänken kann auch durch tagelange Feuerung bei einer Lufttemperatur von 71° und einer Bodentemperatur von 60° wirksam entseucht werden.[3])

### β) Heißwasser

Das Heißwasserverfahren kommt in erster Linie zur Entseuchung von Samen und Versandpflanzen zur Anwendung. Zur Behandlung verseuchter Freilandböden, z. B. gegen Nematoden, Ameisen, Blutlaus, *Sanninoidea exitiosa*, ist es wegen zu rascher Abkühlung des siedenden Wassers bei Berührung mit dem Boden nur in seltenen Fällen geeignet. Wiesmann vermochte mit 2—5 l/qm siedendem Wasser die für Puppen von *Rhagoletis cerasi* nötige Abtötungstemperatur von 50—55° nicht zu erreichen.[4]) Die Maßnahme ist lediglich zur Entseuchung kleiner, wertvoller, zuvor durch Umarbeitung gelockerter und gelüfteter Erdmengen in Anzuchtkästen gegen Setzlings- und Keimlingskrankheiten brauchbar. Auf 1 l trockenen Boden rechnet man $\frac{2}{3}$—1 l kochenden Wassers. Unmittelbar nach der rasch zu erfolgenden Begießung muß der behandelte Boden sorgfältig bedeckt werden. Für noch kleinere Mengen ist auch ein $\frac{1}{2}$stündiges Erhitzen im Kochtopf empfohlen worden.[5])

Stehen größere Kochtöpfe oder Waschkessel zur Verfügung, so eignet sich kochendes Wasser auch zur Entseuchung von Pflanztöpfen und Pikierkästen. Mit Erde gefüllte 10-cm-Töpfe sind 5 Minuten unterzutauchen, 2,5—5 cm hohe Pikierkästen etwas länger. In Waschkesseln mit eingebautem Zwischenboden können bei lebhafter Feuerung 2—3 10-cm-Töpfe gleichzeitig entseucht werden.[6])

---

[1]) Bewley, W. F., Practical soil sterilization with special reference to glasshouse crops. Min. Agr. and Fish, Bull. **22**, 1931, 17—22; The practical sterilization by heat of small quantities of soil. Jl. Min. Agr. **36**, 1929, 623—634; Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 42; Schoevers, T. A. C., Grondonsmetting. Versl. Mededeel. Plantenziektenkund. Dienst. Wageningen **63**, 1931, 26; Schwartz, G., Bodendämpfung als Kulturfaktor zur Bodenverbesserung im Gartenbau. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **42**, 1932, 215.

[2]) Peters und Schwartz, s. S. 140[1]), 19; Gandrup, J., Overaaltjes en achterlijke tabaksbibit. Meded. Besoekisch Proefst. **39**, 1925, 10—14.

[3]) Work with economic insects at the Kentucky Station. Kent. St. Rep. 1929, 36, 37, 40.

[4]) Wiesmann, s. S. 141[4]), 751.

[5]) Peters und Schwartz, s. S. 140[1]), 20; Byars, L. P., and Gilbert, W. W., Soil disinfection by hot water to control the root-knot nematode and parasitic soil fungi. U. S. Dep. Agr., Bull. **818**, 1920; Zimmerly, H., and Spencer, H., Hot water treatment for nematode control. Virg. Truck. Exp. St., Bull. **43**, 1923, 267—278.

[6]) Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 43—44.

Nach Byars und Gilbert gehen *Pythium debaryanum* und *Rhizoctonia* in Böden, die 5 Minuten in Wasser von 98° untergetaucht wurden, zugrunde. Dieselben Pilze, wie auch *Heterodera radicicola* werden in 20 cm großen Töpfen vernichtet, wenn die verseuchte Erde mit 3,5 l Wasser von 98° begossen wird.

In Gewächshäusern können Nematoden bis zu 60 cm Tiefe vernichtet werden, wenn der zuvor aufgelockerte Boden nach erfolgter Heißwasserbehandlung mit Zeltplanen bedeckt wird; bei Verwendung von etwa 27 l kochenden Wassers auf 0,03 cbm oder 0,09 qm bleiben nach 9—24 Stunden noch über 47° Wärme erhalten. Bei Abtragung der stark verseuchten Oberschicht kann der Untergrund mit kochendem Wasser (10 l/qm) übergossen werden.[1]) Wasser von 60—71° entseucht zu unregelmäßig; außerdem benötigt der behandelte Boden wegen starker Verschlämmung längere Zeit zum Trocknen. Im Sandboden werden Nematoden nur bis zu einer Tiefe von 7,5 cm vernichtet.

### γ) Dampf

Die Anwendung von Wasserdampf gilt übereinstimmend als das wirksamste und beste Verfahren zur Entseuchung verseuchter Böden in Gewächshäusern, von Anzuchtböden und hochwertigen Freilandkulturen.[2]) In Amerika, England, Holland und Belgien findet es in der Praxis weitgehende Beachtung; neuerdings hat es durch G. Schwartz auch in Deutschland Eingang gefunden. Wenn es zunächst auch ziemlich beträchtliche Einrichtungskosten erfordert oder Anschluß an industrielle Fernleitungen voraussetzt, so hat es andererseits den großen Vorzug, daß der Boden nicht überhitzt oder verschlämmt wird und daß er unter Umständen bereits nach erfolgter Abkühlung verwendungsfähig ist. Indessen ist auch hier ein 3—8 Wochen langes Lagern von Vorteil. Die erfolgreich gedämpfte

[1]) Russel, E. J., The partial sterilization of soils. Jl. Hort. Soc. **45**, 1920, 237—246; Robb, O. J., Control of nematodes. Ont. Dep. Agr. 21. Rep. Veget. Growers' Assoc. 1925, 1926, 41—43; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugbl. d. Biolog. Reichsanst. **104—108**, 1933, 4.

[2]) Selby, A. D., and Humbert, J. G., Methods for soil sterilization for plant-beds and greenhouses. Ohio Agr. Exp. St. Circ. **151**, 1915, 65—74; Taubenhaus, J. J., Diseases of greenhouse crops and their control. N. York. 1919; Elveden, V. A., A contribution to the investigation into the results of partial sterilization of the soil by heat. Jl. Agr. Sci. **11**, 1921, 197—209; Hunt, N. R., and O'Donnel, F. G., Soil temperatures obtained under a steam pan. Phytopathol. **12**, 1922, 53; Parker, T., The suppression of insect pests and fungoid diseases. The fumigation and disinfection of glasshouses. Bur. Biol. Techn. Bull. **8**, 1923, 244—248; Ders., General principles relating to the control of insect pests and fungoid diseases. Hort. Trade Jl. 1926, 35 S.; Sterilizing soil controls diseases. Ohio St., Bimo. Bull. **10**, 1925, 169; Slogteren, E. v., Het steriliseeren van de grond door middel van stoom. Weekbl. v. Bloembollencultuur **37**, 1926, 76—79, 85—86. (Meded. 26, Lab. bloembollenonderzoek te Lisse); Shewell-Cooper, W. E., Soil sterilization, an easy method. Fruit Grower **66**, 1928, 719; Kotte, W., Der Pflanzenschutz im holländischen Blumenzwiebelbau. Der Blumen- und Pflanzenbau **44**, 1929, 97—99; Wiersma, K., in Schoevers, T. A. C., De Tomaat. 1929 (Doetinchem); Bewley, W. F., Practical soil sterilization by heat for glasshouse crops. Jl. Min. Agr. **33**, 1926, 297; Diseases of glasshouse plants. London 1928; Newhall and Chupp, s. S. 132[1]); Schoevers, s. S. 142[1]); Berthold, s. S. 140[2]); Dänhardt, W., Erdsterilisation in Gewächshäusern durch Dämpfen. Gartenwelt **35**, 1931, 494—496; Liesau, O. F., Zur Biologie von *Didymella lycopersici*, dem Erreger der Tomatenkrebskrankheit. Phytopathol. Z. **5**, 1933, 37; Schwartz, G., Bodenregeneration durch Dampfbehandlung gärtn. Kulturpflanzen. II. Die Wärmeverteilung im Boden. Gartenbauwissensch. **7**, 1933, 646—672.

Erde ist pilz- und unkrautfrei und begünstigt im allgemeinen das gesunde Wachstum der Pflanzen.

Die Durchführung einer im Verhältnis zum Kostenaufwand wirksamen Dämpfung erfordert die volle Aufmerksamkeit des Unternehmers. Er hat sich zuvor davon zu überzeugen, daß der Dampfdruck hoch genug ist, ausreichende Dampfmengen zur Verfügung stehen und die Wirkungsdauer genügt, um die Schädlinge auch in den tieferen Bodenschichten zu vernichten. Die Wiederverseuchung des Bodens ist zu unterbinden. An den Wänden, Pfosten usw. dürfen keine unbehandelten Erdteilchen zurückbleiben, auch sind Schuhe und Handwerkszeuge der Arbeiter durch Eintauchen in 5%ige Formalinlösung ausreichend zu entseuchen.

Ein gut gelockerter mittelfeuchter Boden erhitzt sich am schnellsten. Im allgemeinen benötigt trockene Erde 3—4 mal soviel Wärmeenergie wie dieselbe Gewichtsmenge Wasser. Die Erhitzung des Bodens ist um so schwieriger, je nasser er ist. Nasse Böden sind daher vor Ausführung der Dämpfung durch tiefes Umarbeiten zu lockern und zu entfeuchten. Diese Maßnahme ist unter Umständen wichtiger als die Auswahl der Art des Gerätes; bei der Behandlung schwerer Böden ist sie hinsichtlich der Tiefenwirkung sogar ausschlaggebend.

Ferner ist zu beachten, daß bei nicht genügend hohem Dampfdruck sowie bei zu niedriger Temperatur infolge Kondensation des Wassers der Boden leicht verschlämmt. Je trockener und lockerer dieser ist, desto geringer ist besonders bei Verwendung von Niederdampfdruck diese Gefahr. Der heißere Hochdruckdampf verschlämmt den Boden weniger, weil er ohne erhöhte Kondensation rasch auf die gewünschte Temperatur kommt. Andererseits besteht bei Temperaturen von über 200° die Möglichkeit des gelegentlichen Totdämpfens des Bodens in unmittelbarer Nähe des Dampfaustrittes. Mit Niederdruckdampf wird dieselbe Temperatur erreicht, doch ist der Boden nach beendigter Dämpfung infolge der längeren Dämpfungsdauer feuchter.

Die erforderlichen Entseuchungstemperaturen schwanken außer nach dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens auch nach Art und Tiefe seiner Verseuchung; gegen Protozoen und Bakterien genügen 65° [1]), Pilze erfordern in schwerem Boden etwa 100° während 15—40 Minuten [2]), Wurzelälchen in schweren Boden-

---

[1]) Pickering, S. U., The activities of heat and antiseptics on soils. Jl. Agr. Sci. **3**, 1910, 32 u. Studies on the changes occurring in heated soils. Das. **3**, 1910, 258 u. Plant growth in heated soils. Das. **3**, 1910, 277. Partial sterilization and control of soil pests and disease organisms. Rothamsted Exp. St. 1925, Rep. 1923/24, 33—35; Russel, E. J., and Petherbridge, F. R., On the growth of plants in partially sterilized soils. Jl. Agr. Sci. **5**, 1913, 248 u. The partial sterilization of soils for glasshouse work. Jl. Bd. Agr. **18**, 1912, 809—826; **19**, 1913, 809—827; Russel, E. J., 3. Rep. on the part. steril. of soils for glasshouse work. Das. **21**, 1914, 97—116; Ders., Control of soil organisms and pests. Das. **26**, 1919, 504; Ders., s. S. 143 [1]) u. The effects of partial sterilization of the soil. Intern. Conf. Phytopathol. Holland 1923, 233—238; Troitzky, B. W., und Zeren, Der Einfluß der Protozoen auf Wachstum und Entwicklung des Hafers. Zentralbl. Bakt. II. Abt., **67**, 1926, 26; Dixon, A., The effect of phenol, carbon bisulphide and heat on soil protozoa. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 110—119.

[2]) Atkinson, C. F., Damping off. Corn. Univ. Agr. Exp. St., Bull. **94**, 1895; Selby, A. D., Soil treatment of tobacco plant beds. Ohio Agr. Exp. St. Circ. **59**, 1906; Gilbert, W. W., The root-rot of tobacco caused *Thielavia basicola*. U. S. Dep. Agr. Bur. Plant Ind., Bull. **158**, 1909; Hartley, C., and Pierce, R. G., The control of damping-off of coniferous seed-

arten im allgemeinen 70—90° während ½—¾ Stunden.[1]) Schwartz dämpfte gegen diesen Schädling nach Erreichung von 98° noch 5 Minuten.[2]) Bei Anwesenheit von Drahtwürmern muß Dampfeinwirkung bis zu 60 cm Tiefe gehen, da sie sich bei zu langsamer Erwärmung des Bodens in die Tiefe verziehen.[3]) Nicht genügend ist die oberflächliche Dämpfung gegen *Scutigerella immaculata.*[4]) Gute Wirkung wird beschrieben gegen Larven von *Allorrhina nitida*[5]) und *Otiorrhynchus sulcatus*[6]), die beide oft in Gewächshäuser eingeschleppt werden.

Für die große Praxis genügt bei Wurzelälchen als Indikator für ausreichende Wirkung einer Behandlung die Feststellung der Gare von in verschiedene Tiefen eingelegten Kartoffeln. Für vergleichende Dampfmessungen sind Dampfmengenmessungen mit Hilfe einer in das Dampfzuflußrohr eingebauten Meßblende und eines damit in Verbindung stehenden Quecksilberdifferenzmanometers, für Tem-

lings. U. S. Dep. Agr., Bull. **453**, 1917; Peltier, G. L., Carnation stem rot and its control. Illin. Agr. Exp. St., Bull. **223**, 1919; Byars, L. P., and Gilbert, W. W., Soil disinfection by hot water to control the root knot nematode and parasitic soil fungi. Phytopath. **9**, 1919, 49; Gratz, L. O., Wire stem of cabbage. Corn. Univ. Agr. Exp. St. Mem. 1925, 85; Hunt, N. R., O'Donnel, F. G., and Marshall, R. P., Steam and chemical soil disinfection with special reference to potato-wart. Jl. Agr. Res. **31**, 1925, 301—363; Jones, L. R., Johnson, J., and Dickson, J. G., Wisconsin studies upon the relation of soil temperature to plant disease. Wisc. Agr. Exp. St. Res., Bull. **71**, 1926, 44; Sackett, W. G., Soil sterilization for seedbeds and greenhouses. Col. Agr. Exp. St., Bull. **321**, 1927; Small, T., *Rhizoctonia* "foot-rot" of the tomato. Ann. Appl. Biol. **14**, 1927, 290—295; Bewley, s. S. 142[1]); Scheffer, T. C., Sterilization of coniferous seedbeds with low-pressure steam. Jl. Forestry **28**, 1930, 42—49; Koehler, s. S. 133[4]), 790.

[1]) Ramsbottom, J. K., Investigations on the *narcissus* disease. Jl. Hort. Soc. **43**, 1918, 51—64; Melchers, E. L., A method of steam sterilization of soil for controlling nematodes. Phytopathol. **9**, 1919, 294—296; Byars, L. P., The nematode disease of wheat caused by *Tylenchus tritici*. U. S. Dep. Agr., Bull. **842**, 1929; Godfrey, G. H., Root-knot, its cause and control. U. S. Dep. Agr., Farmers' Bull. **1345**, 1923 u. Effect of temperature and moisture on nematode root-knot. Jl. Agr. Res. **33**, 1926, 223—254; Goodey, T., Eelworm disease of potatoes caused by *Tylenchus dipsaci*. Jl. Helminthol. **1**, 1923, 197; Milbrath, D. G., Progress report on studies relating to the control of *Tylenchus dipsaci* in *narcissus*. Cal. Dep. Agr. Ms. Bull. **14**, 1925, 181—187; Robb, s. S. 143[1]); Kalkbrunner, H., Über Erfahrungen mit der Desinfektion des Bodens durch Dampf in Holland. Fortschr. Landw. **2**, 1927, 604; Reinau, E., Die Älchen und ihre Bekämpfung durch Dämpfen des Bodens. Obst- und Gemüsebau **73**, 1927, 384—385; Ohio St., Bull. **417**, 1928, 34—41; Newhall, A. G., Control of root-knot nematode in greenhouses. Ohio St., Bull. **451**, 1930; Schwartz, G., Die Bekämpfung der Wurzelälchen im Gewächshaus und Freiland. Sächs. Gärtnerbl. **10**, 1930, 33—41; Ders., Bodendämpfung z. Desinfektion u. Verjüngung d. Erde. Das. **11**, 1931, 307—310; Ders., Ein erprobtes Boden-Dämpfungsverfahren. Gartenwelt **35**, 1931, 575—576; Hoshino, H. M., and Godfrey, G. H., Thermal death point of *Heterodera radicicola* in relation to time. Phytopathol. **23**, 1933, 260—270.

[2]) Schwartz, s. S. 142[1]), 197 u. 202.

[3]) Bewley, W. F., Tomatoes: cultivation, diseases and pests. Min. Agr. and Fish, Bull. **73**, 1934.

[4]) Filinger, G. A., The garden symphylid, *Scutig. immaculata*. Ohio Agr. Exp. St., Bull. **486**, 1931; Kearns, H. G. H., and Walton, C. L., Experim. on the control of the greenhouse symphylid *(Scutig. immac.)*. Ann. Rep. Agr. Hort. Res. St. Bristol 1932, 97.

[5]) Davis, J. J., and Luginbill, P., The green june beetle or fig eater. N. Carol. Agr. Exp. St., Bull. **242**, 1921; Metcalf, Z. P., The green june beetle *(Cotinis nitida)* as a tobacco pest. Jl. Ec. Ent. **16**, 1923, 396.

[6]) Smith, F. F., Biology and control of the black vine weevil. U. S. Dep. Agr., Techn. Bull. **325**, 1932.

peraturmessungen an Stelle von Quecksilberthermometern, die wegen zu langsamer Einstellung nicht brauchbar sind, Thermoelementstäbe erforderlich.

Gegenüber der Leistung eines Kessels hat der Druck des Dampfes nur sekundäre Bedeutung.[1]) Schwartz benötigte zum Dämpfen beim Rostverfahren durchschnittlich 205 kg Dampf je Stunde bei einer Heizfläche von 16,8 qm und etwa 3—1 Atmosphären Überdruck. Behandelt wurden je Stunde 4 qm, auf 1 qm Bodenfläche entfielen 51 kg Dampf. Die Kosten der Dämpfung sind bei einer Tiefenwirkung von 40—60 cm auf 45—60 *Rpf*, bei oberflächlicher Kastenbehandlung von 30 cmTiefe auf 40 *Rpf* je Quadratmeter berechnet worden.[2])

Von außerordentlicher Bedeutung ist ein mehrstündiges sorgfältiges Abdecken der behandelten Flächen nach der Dampfzuleitung im Interesse einer erhöhten oberflächlichen Nachwirkung, einer besseren Tiefenwirkung und einer gleichmäßigeren Verteilung der gespeicherten Wärme.

Gedämpfte Böden müssen nach der Behandlung häufig bewässert werden, da das Wasser aus den unteren Schichten nicht so rasch nachsteigt und daher die Oberfläche leicht zu trocken bleibt. Chemisch nehmen die wasserlöslichen Bestandteile, besonders die Chloride, ab, während die Karbonate zunehmen können. Bei starker Erhitzung ist auch eine Zunahme der wasserlöslichen Minerale und der organischen Substanz möglich. Abgetötet werden alle nichtsporenbildenden Bakterien, darunter auch die den Luftstickstoff bindenden Bakterien *(Azotobakter)* und die nitrifizierenden Bakterien, wohingegen die sporenbildenden im wesentlichen erhalten bleiben. Düngung mit Ammoniaksalzen und stickstoffhaltigen organischen Substanzen geschieht am besten erst 3 Monate nach erfolgter Behandlung, solche mit salpetersaurem Natron, Superphosphat und schwefelsaurem Kali kann alsbald erfolgen.[3])

Bei sorgfältiger Durchführung ist die Behandlung im Laufe von 2—3 Jahren zu wiederholen; eine zu häufige Dämpfung wird nicht von allen Böden gleichmäßig gut vertragen. Von Praktikern werden an Stelle einer sehr gründlichen Behandlung in längerem Abstand zwei leichtere Entseuchungen im Jahr bevorzugt.

Im einzelnen kann die Durchführung der Bodenbekämpfung auf verschiedene Weise erfolgen:

Bei liegenden Erdmengen durch

I. Dämpfung von der Oberfläche aus: Kastenverfahren (1.);

II. Dämpfung vom Bodeninneren aus mittels

- a) beweglicher Einrichtungen
  - aa) durch vertikal gestellte Auslaufrohre: Spieß-, Eggen- oder Eggenkastenverfahren (2.);
  - bb) durch horizontal liegende Auslaufrohre: Rostverfahren (3.);
- b) feststehender Einrichtungen: Drainageverfahren (4.)

---

[1]) Polak, M. W., Het steriliseeren van den grond door middel van stoom. Mededeel. Landbouwhoogsch. **17**, 1919, 91—108; Schoevers, s. S. 142[1]), 18; Schwartz, s. S. 142[1]), 1932, 202.

[2]) s. S. 142[1]), 218, 226.

[3]) Sackett, s. S. 144[2]).

Bei beweglichen Erdmengen durch

Dämpfung mit Hilfe feststehender oder beweglicher Sterilisatoren, in die die Erde eingebracht wird (5.)

1. Kasten-, Pfannen-, Kappen- oder Trogverfahren *(inverted pan, tray method)*. Transportable flache Kästen oder trogähnliche Behälter, die aus innen oder am Rande mit Blech beschlagenen Brettern oder verzinktem Eisenblech gefertigt sind, werden über den zu behandelnden Boden gestülpt, um nach sorgfältiger Abdichtung der Seitenwände den Dampf aus besonderen Zuleitungsröhren von oben zuzuführen. Brauchbare Kastengrößen: 4,0 × 2,0 × 0,10; 3,0 × 2,1 × 0,15 — 0,25; 2,50 × 1,30 × 0,16 — 0,30; 2,70 × 0,75 × 0,10 — 0,22 m. Bei Anpassung an die örtlich verschiedenen Belange der Tiefenwirkung, der von Bodenart und Bodenzustand abhängigen Dämpfungsdauer (nach $\frac{1}{3}$—1$\frac{1}{2}$ Stunden 90—95° bis zu 30 cm Tiefe) ist Verfahren zur oberflächlichen Behandlung nicht zu nasser und nicht zu schwerer, am besten lehmiger und lehmig-sandiger Bodenarten, die zuvor wenigstens einen Spatenstich tief umzugraben sind, brauchbar. Newhall und Chupp weisen darauf hin, daß es sich nicht zur Entseuchung von mit Nematoden und Welkeerregern infiziertem Boden, in dem Gurken und Tomaten gebaut werden sollen, eignet.

Vorzüge des Verfahrens bestehen darin, daß es bei Freilandsaatbeeten und Anzuchtsbeeten auf Tischen oder Bänken anwendbar ist, keine Bodenversetzung erfordert und dem Boden eine vorzügliche Gare verleiht. Nach der Dampfzuführung muß der Boden mit Säcken oder Zeltplanen bedeckt werden. Sofern die Kästen liegen bleiben sollen, werden bei fortlaufendem Arbeitsgang mehrere (6) benötigt. Bei Verwendung kleinerer Typen können mit Hilfe T-förmiger Dampfverteiler je zwei Stück auf einmal beschickt werden; Leistung während 24 Stunden etwa 200 qm. Bei Benutzung von Kästen aus Eisenblech entstehen starke Wärmeverluste infolge erhöhter Wasserkondensation. Holzverkleidete Kästen arbeiten vorteilhafter. Ferner müssen bei dieser Art Dämpfung Wände, Heizröhren, Pfähle u. a. auf chemischem Wege nachbehandelt werden.

Schwere Kästentypen sind vorteilhafter als leichte, da im Interesse besserer Tiefenwirkung mit erhöhtem Dampfdruck gearbeitet werden kann, ohne daß die Kästen gehoben werden; gegebenenfalls müssen dieselben mit Sandsäcken, Steinen usw. beschwert werden.

Der Anschluß der Kästen an die Dampfleitung kann, außer wie oben beschrieben, durch biegsame Zuleitungsschläuche, für größere Gewächshäuser auch durch starre erfolgen. An ein von der Hauptleitung abzweigendes Zuleitungsrohr, das über dem Boden in Längsrichtung des Hauses liegt, wird ein T-Stück angesetzt, dessen Enden Heizschläuche mit je zwei Dampfkästen verbinden; an zwei im Boden liegende Zuleitungsröhren werden jeweils je zwei Kästen angebracht, oder an ein stärkeres Zuleitungsrohr innerhalb des Raumes sind mittels eines Querrohres verschiedene schwächere mit je zwei Kästen verbundene Röhren angeschlossen. Die schwächeren Röhren können unabhängig voneinander bedient werden, so daß die Möglichkeit gegeben ist, auf den Zustand des Bodens Rücksicht zu nehmen. Nach Newhall und Chupp beträgt die Haltbarkeit der Kästen 2—6, die der Zuleitungsrohre 10 und mehr Jahre.

Für Großbetriebe erwähnen Newhall und Chupp noch folgende Konstruktionen des Kastenverfahrens: Besonders verstärkte Kästen werden mechanisch gehoben und fortbewegt durch Ketten, die über im oberen Teil des Hauses befestigte Wellenräder laufen *(darrow hanging pans)*, oder durch ein fahrbares, mit Hebevorrichtung versehenes Gestell *(Miller one-man underslung pan)*. Das „*Thompson rolling pan*" besteht aus drei prismenartig miteinander verbundenen Kästen, die innen ein gemeinsames Zuleitungsrohr haben. Endlich können für Freilandverhältnisse die Kästen mittels eines einseitig befestigten Hebels, der über die gemeinsame Achse zweier Räder gelegt wird, gehoben und fortbewegt werden.

2. Spieß-*(spike)*, Rechen-*(rake)*, Eggen-*(harrow)* und Kasten-(Pfannen-) Eggenverfahren. Diese Geräte stimmen darin überein, daß mit der Dampfzuleitung verbundene durchlöcherte Röhren (Hohlspieße mit sechs Düsen von 3,5 mm Durchmesser) oder Röhrensysteme in den zu behandelnden Boden gesteckt und nach Durchführung der Behandlung herausgezogen werden. Beim Spießverfahren kommen die Röhren (6) einzeln zur Anwendung (mit 2,5 m langem Verteilungsrohr und Zu- und Austrittsstutzen), beim Rechenverfahren ist eine mehr oder weniger große Anzahl von Röhren kammartig auf eine Querröhre und beim Eggenverfahren auf mehrere miteinander verbundene Querröhren montiert. In letzterem Falle hat das mit 12, 32 und mehr Hohlzinken versehene Röhrensystem ein eggenähnliches Aussehen. Beim Kasteneggenverfahren ist das Gerät oberflächlich kastenartig mit Eisenblech überzogen (System der Firma Maxen in Brimsdown, Middlessex), damit der aus den Düsen der 15—30 cm langen Hohlzähne entweichende Dampf aufgefangen und wieder dem Boden zugeführt wird. Die Größe solcher Eggen richtet sich nach dem Ausmaß der zu behandelnden Flächen. Nach Newhall und Chupp sollen die Hohlzinken höchstens 15 cm voneinander entfernt stehen, da bei 20 cm Entfernung die Ergebnisse weniger verläßlich seien. Sicher seien sie bei einem Abstand von 10 cm. Die Überdeckung der Eggen mit einem Kasten erhöht den Erfolg der Dämpfung. Bei Verwendung von Hohlspießen müssen ferner die Einstichstellen mit Lappen abgedichtet werden. Die Dämpfung mit etwa 60 cm langen Einzelhohlspießen hat den Vorteil, daß sie auch an Mauern und Pfosten eingestoßen werden können, so daß sich eine Nachbehandlung mit chemischen Mitteln erübrigt.

Beim Spieß- und Rechenverfahren wird eine ausreichende Tiefen- und Seitenreichweite des Dampfes gewährleistet bei 40—50 cm Abstand der etwa 45 cm tiefen Löcher nach einer Dampfdauer von 10—15 Minuten. Versuche haben ergeben, daß einstündige Behandlungen deshalb keine besseren Ergebnisse zeitigten als ½stündige, weil nach dieser Zeit der Dampf längs des Spießes aus dem Boden entweicht.

Die Vorteile bei Anwendung von Dampfeggen mit Kappe (Kasten) entsprechen denen des Kastenverfahrens, doch wird mit Hilfe der gleichmäßig oder wechselseitig lang gewählten Hohlzinken eine größere Tiefenwirkung erreicht. Bei der Dämpfung von schwerem Lehmboden verschlämmt die Umgebung der Zinken, auch verstopfen sich beim Nachlassen des Druckes in der Egge die Düsen. Da außerdem die mit Nematoden und Fusarien der Welke verseuchten Böden nicht genügend entseucht werden, kann dieses billige und leicht durchzuführende Ver-

fahren höchstens für mit Unkräutern, *Sclerotinia* und *Rhizoctonia* verseuchte leichte Bodenarten empfohlen werden. In letzterem Falle ist es vorteilhaft, sehr trockne Böden zuvor oberflächlich etwas anzufeuchten. Nach erfolgter Dämpfung ist der Boden für einige Stunden zu bedecken.

Das Eggenverfahren wirkt im allgemeinen nur etwa ½ mal so tief wie das Kasten- und nur ¼ mal so tief wie das Drainageverfahren.

3. Rost- *(small-grid)* und Röhrenverfahren *(perforate-pipe method)*. Eine Anzahl gleichlaufend (kammartig) angeordneter, wechselseitig durchlöcherter Röhren ist mit einem an die Dampfleitung angeschlossenen Querrohr fest verbunden (Länge 2,0, 2,5—3,0 m, acht Ansatzröhren von 0,60—0,75 m Länge und 0,25—0,30 m Abstand). Ist ein 40—45 cm tiefer Graben von dem Umfang des als Rost bezeichneten Gerätes ausgehoben, wird dieses eingelegt und benachbarter Boden aufgeschüttet. Im Interesse von Dampfersparnis ist dieser an der Seite mit Brettern oder Blechen zu stützen oder mit einem konisch zulaufenden viereckigen Rahmengestell aus Brettern zusammen zu halten bzw. mit Zeltplanen (Jochems) oder Kasten (Emptage, Riemens) zu bedecken. 15—20 Minuten nach der Dämpfung wird der Rost herausgezogen und erneut verwendet. Sofern zwei Kästen zur Verfügung stehen, werden diese abwechselnd benutzt. Bei voller Ausnutzung der Dampfquelle kann auf einmal mit vier Rosten und sechs Kästen gearbeitet werden. Schwartz erreichte mit der ihm zur Verfügung stehenden Dampfmenge (S. 146) und bei einer Tiefenlage des Rostes von 30 cm im Durchschnitt 100° während 25 Minuten.

Das Rostverfahren gilt als die beste Art der Dämpfung. Als Mängel sind bei Behandlung von an sich nicht besonders geeignetem schwerem Lehmboden hervorzuheben: eine nicht unerhebliche Ungleichmäßigkeit der Wärmeverteilung, Schlammtrichterbildung an den Röhren und Dampfentweichung daselbst unter der Bedeckung. Schwartz befürwortet vor Einlegen des Rostes Lockerung des Untergrundes. Bei Behandlung von humushaltigem, lehmig-sandigem Boden sei bei gleich tiefer Bodenlockerung Verfahren der Kastenmethode nicht wesentlich überlegen.

Für denselben Zweck sind auch auswechselbare durchlöcherte Röhren von 6—36 m Länge in Gebrauch. Ihr Durchmesser schwankt je nach der Leistung der Heizquelle zwischen 3,2 und 5 cm; bei Verwendung von 24 m langen und noch längeren Röhren ist es vorteilhafter, wenn sie sich von einem Ende zum andern von 5 cm auf 3,2 cm verjüngen. Die auf der Unterseite der Röhre befindlichen 3—5 mm weiten Löcher liegen auf Lücke 2—3 reihig in einem Abstand von 20—40 cm.

Die Röhren werden im allgemeinen 15—30 cm tief eingegraben; ihr gegenseitiger Abstand kann um so größer sein, je tiefer sie gelegt werden. Beispielsweise beträgt er bei einer Tiefe von 18—20 cm 30, bei einer solchen von 25—40 cm 40—50 cm. Die Anzahl der zumeist endwärts durch je ein stärkeres Verbindungs- und Zuleitungsrohr zusammengefaßten Röhren (5—10 Stück) richtet sich nach der Größe der Dampfquelle und der zu behandelnden Fläche. Letztere wird zweckmäßigerweise so aufgeteilt, daß das Eingraben, Dämpfen, Herausnehmen und Umlegen des Satzes in einem geschlossenen Arbeitsgang vor sich geht. Bei Beschickung des Bodens werden während der Dämpfung in 1—2 Stunden Tempera-

turen von 66—71° bis zu einer Tiefe von 23—48 cm erreicht. 4—6 Arbeiter benötigen 10—20 Minuten, um einen Satz von 8 (12 m langen) Röhren zu heben, und 40—60 Minuten, um ihn wieder einzurichten.

Das Röhrenverfahren ergibt eine bessere Tiefenwirkung von 8—20 cm, als sie in nahezu derselben Zeit mit der Kastenmethode erreicht wird. Indessen erfordert es mehr Arbeit. Die Kosten entsprechen bei oberflächlicher Entseuchung denen des Kastenverfahrens, bei tieferer denen der Drainagebehandlung.

Polak[1]) hat nur mit einem einzigen Rohr gedämpft. Melchers stellte in einem frisch ausgehobenen Graben zwei derbe Bretter hochkant, und nachdem darüber in gleichem Abstand kurze Querlatten aufgelegt waren, wurde der Graben mit Erde zugeworfen und dem Lattenrost Dampf zugeleitet. Nach beendigter Dämpfung sind die Bohlen herausgezogen und von neuem benutzt worden.

4. Drainageverfahren *(draintiles, buried-tile method)* ist bei Vorhandensein großer Kesselanlagen bequem in der Durchführung, da die in der Längsrichtung des Beetes aneinander gereihten Serien von etwa 7,5 oder 10 cm weiten Drainage-(Schamotte-)Röhren in Abständen von 40—55, am besten von 45 cm dauernd in Gräben von etwa 35—40 cm Tiefe liegen und in der Mitte durch besondere Zuleitungs- und Verbindungsröhren aus Eisen (im Durchmesser 5—7,5 cm) mit der Dampfheizung verbunden sind. Eine Verbindungsröhre vermag jederzeit 4—5 Reihen von Drainageröhren, deren Enden miteinander verbunden sind, zu speisen. Die Länge der Drainagereihen soll 20—30 cm nicht überschreiten; im übrigen richtet sich der Umfang der auf einmal zu behandelnden Fläche nach der Leistungsfähigkeit der Dampfquelle. Die Verwendung von perforierten Tonröhren bietet keinen Vorteil. Die Röhren sind so tief zu legen, daß die Bearbeitung des Bodens ohne Lageveränderung und Beschädigung derselben möglich ist.

Bei einer 3—6 stündigen Dämpfung, während welcher der zuvor gelockerte Boden zugedeckt wird, kann bis zu einer Tiefe von 40—50 cm ein Temperaturanstieg auf wenigstens 71° erreicht werden. Nach Newhall und Chupp, die Technik und Kosten dieser Methode besonders ausführlich beschreiben, ist das sehr wirtschaftliche Verfahren besonders in den Nordstaaten von Nordamerika sehr verbreitet, nach Beattie hat es — vielleicht infolge Verlagerung der Röhren — nicht immer genügt, nach Brown[2]) hält es Temperaturen von mehr als 60° länger als 27 Stunden. Newhall und Chupp erwähnen 12—15, ja 18 Jahre alte Einrichtungen. Im übrigen wechselt ihre Haltbarkeit je nach Bodenart und Sorgfalt bei der Legung der Röhren.

Die Drainageeinrichtung kann gleichzeitig für die Durchlüftung und die unterirdische Bewässerung des Bodens bzw. zur Auswaschung von Salzen benutzt werden.

5. Dämpfung beweglicher Erdmengen. Für die Behandlung beweglicher Erdmengen können, abgesehen von der Anwendung des Kasten-, Drainage- und Röhrenverfahrens, in Betracht gezogen werden:

---

[1]) Polak, s. S. 146[1]).

[2]) Brown, H. D. u. a., Greenhouse soil sterilization. Part 1. Sterilization methods and pest control. Purdue Univ. Agr. Exp. St., Bull. **266**, 1922, 1—19.

Eisenbleche auf Heizröhren, auf denen Erde unter häufigem Wenden bis 70° erhitzt wird *(baking)*;[1])

½ cbm große, verschließbare galvanisierte Kästen (Tanks) oder (Wasch-)Kessel, in denen der Dampf unter einem auf Ziegelsteinen aufgelegten Zwischen-Siebboden erzeugt wird;[2])

Ein auf einem Dreifuß stehendes kupfernes Gefäß von etwa 45 l Inhalt mit Siebplatte nahe am Boden, das 4½ l Wasser enthält;[3])

Bei Vorhandensein eines Dampfkessels zementierte oder gemauerte Tröge (1,6 × 0,8 × 0,5 m) mit durchlöcherten Röhren auf leicht geneigtem Grund und beweglichem Vordereinsatz (Falconer);[4])

Gemauerte Dampfkammern mit abgedichteten Türen, in die man auf einem Wagen Töpfe mit und ohne Erde einführt;[5])

Die sog. Pillnitzer Kippkarre.[6]) Auf dem Boden der ⅔ cbm Erde fassenden Karre, die von einem fahrbaren Kessel gespeist wird, befindet sich ein mit vielen Düsen versehener Rost. Wochenleistung bis 60 cbm Erde. In England[7]) werden Behälter aus Zement oder aus innen mit Eisenblech beschlagenem Holz *(box-method)* gebaut (Größe: 1,35 × 0,90 × 0,70 m), die mit durchlöcherten Röhren oder Rosten versehen sind. Diese liegen unter einem beweglichen Lochboden, auf dem die zu entseuchende Erde ausgebreitet wird. Ist eine Temperatur von 99—100° erreicht, wird die Dämpfung noch etwa 20—30 Minuten fortgesetzt. Die behandelte Erde kann nach 3—4 Wochen bepflanzt werden.

Die transportable Erddämpfungskolonne[8]), bestehend aus einem Niederdruckdampfkessel mit einer Heizfläche von 5 qm und 3 je 0,5 cbm Erde fassenden Dampftöpfen (Firma Buschmann, Lommatzsch i. Sa.). Leistung je Tag etwa 20 cbm Erde bei Verbrauch von etwa 8 Ztr. Braunkohlenbriketts. In Sachsen findet das von 3 Männern zu bedienende Gerät bei Gemüsegenossenschaften Verwendung.

## III. Die Bodenentseuchung auf chemischem Wege

### *A. Allgemeines*

Die Bodenentseuchung auf chemischem Wege, in Europa besonders seit der Reblausinvasion in Aufnahme gekommen, ist bisher im allgemeinen nur für die Behandlung hochwertiger Kulturböden wirtschaftlich. Für die gewöhnlichen Freilandverhältnisse steht für eine regelmäßige, in den normalen Arbeitsgang einzureihende Kulturmaßnahme noch kein geeignetes Mittel zur Verfügung.

Hauptnachteile der chemischen Verfahren sind bisher: Ihre im Verhältnis zum Wert der meisten Kulturen (einschließlich der durch die Behandlung erzielten höheren Erträge) zu hohen Material- und Arbeitskosten, ihre meist unzulängliche Einreihungsmöglichkeit in den üblichen Arbeitsgang, das Risiko eines nur kurzfristigen und bedingten Erfolges, ihre mehr oder minder große Abhängigkeit von den Umweltfaktoren (Boden, Witterung, Klima, Kulturpflanze, Schädling).

---

[1]) Gandrup, s. S. 142[2]).

[2]) Schwartz, s. S. 142[1]), 215; Schoevers, s. S. 142[1]), 26.

[3]) Moore, L. J., Soil sterilization. Gard. Chron. **85**, 1929, 35.

[4]) Falconer, A., The partial sterilization of soil by steam. Gard. Chron. **84**, 1928, 494—495.

[5]) Beattie, J. H., The production of cucumbers in greenhouses. U. S. Dep. Agr., Farmers' Bull. **1320**, 1923.

[6]) Schwartz, G., Ein einfaches Verfahren zur Dämpfung kleiner Erdmengen. Gartenwelt **36**, 1932, 265—266; Ders., Entseuchung von Anzuchterde und Erdhaufen durch Dampf. Blumen- u. Pflanzenbau **48**, 1933, 162—163.

[7]) Bewley, s. S. 142[1]), 11.

[8]) Noll, J., Bodendämpfungsgeräte für bewegte Erdmengen. Der Obst- und Gemüsebau **82**, 1936, 89—90.

Die Vielgestaltigkeit der äußeren Faktoren steht in wechselvollen Beziehungen zu den Eigenschaften der meisten Mittel. So hängt der Erfolg einer Bodenvergasung nicht nur ab von der Bodenart, von dem Grade ihrer Bindigkeit und der Höhe ihres Sauerstoff- und Wassergehaltes, sondern auch von ihrer chemischen und biologischen Beschaffenheit sowie von der Mächtigkeit der Kulturschicht und der Art ihres Untergrundes. Ein für die chemische Behandlung an und für sich geeigneter Boden kann durch Witterungseinflüsse unvorteilhaft verändert werden. Die in wärmeren Ländern ermittelten günstigen Ergebnisse eines Stoffes sind in weniger warmen nicht möglich, wenn z. B. in diesen die für die optimale Insektizidwirkung notwendigen Temperaturen nicht erreicht werden.

Die zu schützenden Pflanzen sind nach Kultur, Alter, Pflege und Schädlings- oder Krankheitseinflüssen verschieden giftempfindlich; auch unterliegt ihre Widerstandsfähigkeit beträchtlichen Schwankungen. Die mehr oder weniger scharfen Einwirkungen der chemischen Verfahren überstehen gesunde Pflanzen leichter als bereits geschwächte.

Auch die zu bekämpfenden Schädlinge und Krankheitszustände bieten nach Art, Entwicklung, Ernährung, vertikaler und horizontaler Verbreitung überaus vielgestaltige Verhältnisse. Ihre erfolgreiche Vernichtung ist sehr oft nur bei Berücksichtigung der empfindlicheren Entwicklungszustände möglich, was nicht selten auf betriebstechnische Schwierigkeiten stößt. Verhältnismäßig einfach liegen die Dinge da, wo bereits durch Änderung (Verschlechterung) der Umweltverhältnisse (Lüftung, Entwässerung, Entsäuerung) ihre Vermehrung auf ein wirtschaftlich tragbares Maß zurückgeführt wird.

Auswahl und Dosierung der Mittel, z. B. nach der spezifischen Schwere der freiwerdenden Gase zur Oberflächen- oder Tiefenbehandlung, als Fraß- oder Kontaktgift im trockenen oder nassen Zustand, ist nur bei Berücksichtigung der erwähnten äußeren Umstände möglich. Hinzu kommt noch die Kenntnis von der Ausbreitung sowie der Schnelligkeit und Art ihrer chemischen Umsetzung im Boden. Die zumeist bodenfremden Stoffe sollen nach erfolgter insektizider Wirkung möglichst rasch bodeneigen werden und bodenverbessernd wirken. Dem bei Vor- und Nachbehandlungen künstlich geschaffenen Giftzustand des Bodens soll tunlichst bald ein giftloser folgen. Diese entgegengesetzte, seit langem bekannte Beziehung wurde als positive Wirkungsumkehr[1]) bezeichnet.

Nach Art der Anwendung der chemischen Bodenentseuchung ergeben sich folgende Verfahren:

1. Vorentseuchung (Prae-Desinfektion, Präventiv-, Protektions- oder Schutzverfahren, desinfestant)[2]): Durchführung vor Inkulturnahme der Böden in geschlossener Behandlung mit meist übertödlicher Menge und kurzer Karenzzeit (S. 173, 184).

2. Mitentseuchung (Simultan-Desinfektion): Durchführung während der Kultur:

a) Vernichtungs-(Ausrottungs-, Radikal-, Extinktiv-)Verfahren: Restlose Zerstörung der schädlichen Einflüsse und der Kulturpflanzen mit übertödlichen Mengen in geschlossener Behandlung, mit meist langer Karenzzeit (S. 193, 206).

---

[1]) Korff, G., und Ottensooser, F., Über die Wirkung einiger Bodenbehandlungsmittel auf das Pflanzenwachstum. Arb. Biolog. Reichsanst. **15**, 1928, 72.

[2]) Whetzel, H. H., and Mc Callan, G. E. A., Studies on fungicides. I. Concepts and terminology. Corn. Univ. Agr. Exp. St., Mem. **128**, 1930, 1—7.

b Heil-(Kultural-, Kurativ-, Sanierungs-)Verfahren (disinfectant): Vernichtung der schädlichen Einflüsse bei Gesunderhaltung der Kulturpflanzen; Behandlung mit genau abgestimmten, für den Schädling tödlichen, für die Pflanze untertödlichen Mengen (chemotherapeutischer Index), keine Karenzzeit:

aa) Totalkulturierung: Geschlossene (allgemeine) Behandlung; weitgehende Vernichtung der schädlichen Einflüsse mit (meist) zeitlich bedingter Wirkung (S. 170, 185/186).

bb) Partialkulturierung: Offene (örtliche) Behandlung; Minderung der schädlichen Einflüsse im Rahmen der wirtschaftlichen Tragbarkeit (S. 193, 203).

3. Nachentseuchung (Post-Desinfektion): Durchführung nach Einbringung der Ernte bzw. Inkulturnahme der Böden; geschlossene Behandlung mit meist übertödlicher Menge, unter Umständen mit langer bis sehr langer Karenzzeit (S. 179/180).

Im Wesen der Kulturalbehandlungen liegt es, daß sie von Zeit zu Zeit wiederholt werden müssen. Die prophylaktisch wirkenden Vor- und Nachbehandlungen sind im allgemeinen leichter durchzuführen als die akuten Heilbehandlungen, da erstere lediglich die Anbauwürdigkeit bzw. Regenerationsfähigkeit des Bodens zu berücksichtigen haben, während letztere außerdem die Weiterentwicklung der Pflanzen gewährleisten sollen.

Das Vernichtungsverfahren ist einmalig und bezweckt die vollständige Ausrottung der Erreger. Das ist in den wenigen Fällen, in denen es mit staatlicher Hilfe zur Durchführung gelangte, nur bei gleichzeitiger Zerstörung der Kulturpflanzen und Einschaltung einer mehr oder weniger langen Brache bzw. eines Fruchtwechsels möglich gewesen.

Die vergleichende Prüfung von Bodeninsektiziden[1]) liegt methodisch und ihren Ergebnissen nach noch in den Anfängen. Nach Russel folgten bei Untersuchungen auf tomatenmüden Gewächshausböden aufeinander: Formaldehyd, Pyridin (1. Klasse, am wirksamsten), Kresol, Phenol, Kalziumsulfid, Schwefelkohlenstoff, Toluol, Benzol, Petroleum (2. Klasse), Naphthalin, Nitrobenzol (3. Klasse, wenig wirksam). Tattersfield und Roberts stellten gegen Drahtwürmer *(Agriotes)* fest, daß sich aromatische Kohlenwasserstoffe und Halogenverbindungen im allgemeinen giftiger verhalten als aliphatische. Im Benzolring war die Methylamidogruppe am giftigsten, dann kamen im fallenden Wert die Dimethylamido-, Hydroxyl-, Nitro-, Amido-, Jod-, Brom-, Chlor- und als am wenigsten wirksam die Methylgruppe. Wenig giftig erwiesen sich bei einer Einwirkungsdauer von 1000 Minuten bei 15° chemisch träge Verbindungen mit einem Siedepunkt von über 170°, unsicher waren fast alle organischen Verbindungen mit einem Siedepunkt von über 215°, und ungiftig verhielten sich die über 245° siedenden.

## *B. Mittel*

### 1. Schwefel und Sulfide

#### α) Schwefel

Als Bodeninsektizid und -fungizid ist Schwefel sehr umstritten. Zur Bekämpfung des Kartoffelschorfes wird wegen der Nachwirkung auf den Nachbau Anwendung

[1]) Darbishire, F. V., and Russel, E. J., The influence of partial sterilization. Jl. Agr. Sci. **2**, 1907/08, 305—326; Russel, 1914, s. S. 144[1]); Tattersfield, F., and Roberts, W. R., The influence of chemical constitution on the toxicity of organic compounds to wireworm. Jl. Agr. Sci. **10**, 1920, 199—232; Fant, G. W., Moore, W. D., and Peterson, A., Response of germinating corn and white grubs to paradichlorobenzene and similar chemicals. Ann. Rep. N. Jersey Agr. Exp. St. 1923, 465—473; Matthews, A., Partial sterilization of soil by antiseptics. Jl. Agr. Sci. **14**, 1924, 1—57.

von Schwefel nur noch in besonderen Fällen empfohlen; man bevorzugt gegenwärtig Gründüngung und saure Salze (z. B. Ammoniumsulfat).[1])

Nach Newhall und Chupp[2]) eignet sich die Bodenbehandlung mit Schwefel zur Bekämpfung der Welke der Eierpflanze *(Solanum melongena)*, da diese im Gegensatz zum Krankheitserreger *(Verticillium)* auch in stark saurem Boden wächst. Das Verfahren ist bei Fruchtwechselanbau nicht brauchbar, es sei denn, daß dem Boden vor Anbau anderer Gewächse große Mengen von Kalk beigegeben werden.

Sehr wenig befriedigend wirkt Schwefel gegen *Synchytrium endobioticum*. Die Schwärmsporen des Pilzes werden selbst durch 150 g/qm Boden nicht vernichtet.[3]) Bekämpfungsversuche verliefen meist negativ[4]) oder doch so, daß mit dem Rückgang des Krebsbefalles sehr erhebliche Ertragsminderungen verbunden waren[5]), da in dem (mit 1000—1900 kg/ha)[6]) behandelten Boden die Pflanzen nicht normal zu wachsen vermochten. Bei zweimaliger Anwendung von Schwefel (5 kg/a) erntete Spieckermann[7]) 87—91% gesunder Knollen (Kontrolle 50—80%).

Ohne Wirkung waren Schwefeldüngungen gegen Kohlhernie[8]), *Fusarium martii phaseoli*[9]) und (in Verbindung mit Ätzkalk, Verhältnis 1 : 2) gegen Rüben-

---

[1]) Halsted, s. S. 166[3]); Appel, O., und Schlumberger, O., Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelschorfes mit Schwefel und Formaldehyd. Mitt. Biolog. Reichsanst. H. **14**, 1913, 17; Gillepsie, L. J., The growth of the potato scab organism at various hydrogen ion concentrations as related to the comparative freedom of acid soils from potato scab. Phytopathol. **8**, 1918, 257—269; Yaughan, R. E., Inoculated sulphur for potato scab control. Phytopathol. **11**, 1921, 58; Reader, J. M., Prelimn. results with use of sulphur for the control of potato scab in Idaho. Phytopathol. **13**, 1923, 512; Martin, W. H., The relation of sulphur to soil acidity and to the control of potato scab. Soil Sci. **9**, 1920, 393—408; A comparison of inoculated and uninoculated sulphur for the control of potato scab. Das. **11**, 1921, 75—84; Inoculated vs. uninoculated sulphur for the control of common scab of potatoes. Phytopathol. **11**, 1921, 58; Waksman, 1930, s. S. 140[6]), 86.

[2]) Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 52.

[3]) Schaffnit, E., Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses im Jahre 1917. Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **28**, 1918, 111; Wollenweber, H. W., Der Kartoffelkrebs, seine Verbreitung und seine Bekämpfung. Z. f. Spiritusindustrie **44**, 1921, 163—164.

[4]) Schaffnit, E., und Voß, Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **26**, 1916, 183; **27**, 1917, 339; Schaffnit, E., das. **30**, 1920, 59; Gough, G. C., Wart disease of potatoes. Jl. Hort. Soc. **45**, 1919, 301; Rothamsted Exp. St. 1925, s. S. 144[1]); Köck, G., Bodendesinfektionsversuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Österr. Z. f. Kartoffelbau 1929, 71—72; Köck und Greisenegger, s. S. 141[6]).

[5]) Werth, E., Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Mitt. Biolog. Reichsanst. H. **16**, 1916, 9—10.

[6]) Hunt, O'Donnel and Marshall, s. S. 144[2]); Roach, W. A., und Mitarbeiter (Glynne, M. D., Brierly, W. B., Crowther, E. M.), Experiments on the control of wart disease of potatoes by soil treatment with particular reference to the use of sulphur. Ann. Appl. Biol. **12**, 1925, 152—190; **13**, 1926, 301—307; **15**, 1928, 168—190.

[7]) Spieckermann, Bemerkungen zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Illust. Landw. Ztg. **34**, 1914, 7. u. 16.

[8]) Müller-Thurgau, H., und Osterwalder, A., Bekämpfung der Kohlhernie. Schweiz. Ztschr. Obst- u. Weinbau **29**, 1920, 122; Maßnahmen gegen die Kropfkrankheit der Kohlgewächse. Das. **31**, 1922, 120; Chupp, Ch., Club rot in relation to soil alkality. Phytopathol. **18**, 1928, 301.

[9]) Riehm, E., Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. Biolog. Reichsanst. H. **20**, 1921, 27.

wurzelbrand.[1]) Teilweise Erfolge wurden beschrieben gegen *Corticium vagum* an Pinuskeimpflanzen[2]) und (durch Einstreuen eines Gemisches von 112 kg Schwefel und 56 kg Ätzkalkpulver je ha zwischen die Drillreihen) gegen *Urocystis cepulae.*[3]) Ebenso soll eine 10—20 cm tief an die Rebe eingegrabene Handvoll Schwefel die Entwicklung von *Uncinula necator* verhindern.[4]) Kräftige Schwefelgaben minderten das Auftreten von Bakterienwelke *(Pseudomonas solanocearum)* an Kartoffeln in Florida.[5])

Die Wirkung von geimpftem Schwefel und von Schwefelblume auf tierische Bodenschädlinge (Ameisen, Tausendfuß, Drahtwürmer, Larven von *Lachnosterna, Sciara sp., Phorbia cilicrura (fusciceps), P. brassicae* und *Anuraphis persicae niger*) ist meist ohne praktisch brauchbares Ergebnis untersucht worden[6]), nachdem bereits Kühn[7]) Schwefelblume ohne befriedigenden Erfolg gegen *Heterodera schachtii* verwendet hatte (500 kg/ha). Bulger bezweifelt auch, daß durch Schwefelgaben im Boden beträchtliche Mengen von schwefliger Säure und Schwefelsäure entstehen, da Schwefel, für sich allein angewandt, auf Ameisen toxisch wirke; sein insektizider Wert sei ein sehr geringer. Auf einer während vier Jahren mit 454 kg Schwefel behandelten Versuchsfläche von 0,4 ha ging der pH-Wert des Bodens ohne Einfluß auf die Anzahl der vorhandenen Drahtwürmer stark zurück[8]). Ob Schwefel zusammen mit Düngung bei gewissen Bodentypen[9]) und ob grüner Schwefel der Leuchtgaserzeugung, der etwa 50% Schwefel, 2—3% Teeröle, etwa 1% Ammoniumsulfozyanid und etwas Ammoniumsulfid enthält[10]), besser abschneiden, erscheint zweifelhaft.

---

[1]) Korff, G., und Böning, K., Beiträge zur Bodenbehandlung und partiellen Bodendesinfektion. Phytopathol. Ztschr. **2**, 1930, 58 u. 73.

[2]) Hartley, C., Damping-off in forest nurseries. U. S. Dep. Agr., Bull. **934**, 1921.

[3]) Stone, G., The control of onion smut. Massach. Agr. Exp. St. Amhert Circ. **41**, 1914, 2 S.

[4]) Kunstler, J., Preventive treatment of Oidium. C. R. Acad. Sci., Paris **171**, 1920, 406—407.

[5]) Eddins, A. H., Soil treatment with sulphur and limestone for control of bacterial wilt of potatoes. Phytopathol. **25**, 1935, 16.

[6]) Bulger, J. W., Studies on elemental sulphur as a soil insecticide. Ohio Jl. Sci. **28**, 1928, 1—42; Hunter, W. D., Two destructive Texas ants. U. S. Dep. Agr. Bur. Ent., Circ. **148**, 1912; Thorne, G., Control of sugar-beet nematode by crop rotation. U. S. Dep. Agr., Farmers' Bull. **1514**, 1932; Hammond, G. H., et Maheux, G., Comment lutter contre les vers blancs dans Québec. Bull. Min. Agr. Québ. **130**, 1930; Michelbacher, A. E., Chemical control of the garden centipede, *Scutig. immacul.* Bull. Calif. Agr. Exp. St. **548**, 1932; Campbell, R. E., and Stone, E., The effect of sulphur on wireworms. Jl. Ec. Ent. **25**, 1932, 967—970; Mac Leod, G. F., and Butcher, G. F., Studies of milliped and gnat injuries to potato tubers. Jl. Ec. Ent. **27**, 1934, 106—108.

[7]) Kühn, J., Bericht über Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung der Ursache der Rübenmüdigkeit. Kühn Ber. H. **3**, 1881, 88; Davis, R. L., in Porto Rico St. Rep. 1927, 19—24; Bulger, s.[6]).

[8]) Campbell and Stone, s.[6]).

[9]) Kelley, W. P., and Thomas, E. E., Reclamation of the Fresno type of black-alkali soil. Calif. Univ., Bull. **455**, 1928; Mac Leod, G. F., and Rawlins, W. A., Insect and other injuries to potato tubers. Bull. Corn. Univ. Agr. Exp. St. **569**, 1933.

[10]) Miles, H.W., A review of the present position with regard to soil insecticides. Jl. Bath and West and Southern Counties Soc. **3**, 1929, 35.

### β) Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff beeinträchtigt die Entwicklung des Wurzelsystems stark. Bereits sehr geringe Mengen verursachen den Tod der Pflanze.[1]) Befürwortet ist Anwendung zur Entseuchung des Bodens von *Rhizoctonia violacea* (50 g auf 10 l Wasser, 40 l/15 qm)[2]).

Gegen tierische Bodenschädlinge (Engerlinge, Reblaus, *Ceophylus longicornis*) war das Gas, auch bei den verschiedenen Verfahren seiner Erzeugung innerhalb des Erdbodens (Le Roy entwickelte es aus schwefelkieshaltiger Asche), bisher wenig erfolgreich.[3])

### γ) Schwefelkalkbrühe, Kalifornische Brühe

Schwefelkalkbrühe wirkt wenig befriedigend gegen Kohlhernie[4]) und Rübennematoden.[5]) In dem als „Sulgine" bezeichneten Bodeninsektizid, das auch düngend wirken soll, sind Gemische von Kalziumsulfid mit Naphthalin und Schwerölen bzw. mit Cymol enthalten.[6])

Nach Schoevers[7]) haben holländische Blumenzüchter mit kalifornischer Brühe gute Erfolge gegen Bodenpilze durch Begießen von Steckbeeten (1 l/qm einer 2½%igen Lösung) erzielt. Unmittelbar nach der Behandlung kann gepflanzt werden; Wirkungsdauer etwa 3—4 Wochen.

## 2. Säuren

### α) Schweflige Säure

Schwefel findet für Bodendurchgasung unter Umständen mit Vorteil Verwendung zur Erzeugung von schwefliger Säure, die für Ameisen (*Atta*-Arten)[8]) und schädliche Nagetiere toxisch ist und oft besser als Schwefelkohlenstoff wirkt. Der Schwefel wird, zuweilen mit Arsen gemischt, in kleinen Öfen oder über glühender Holzkohle oder glimmendem Koks erhitzt und mittels besonderer Pumpmaschinen in Bodengänge eingepreßt. Zur Bekämpfung der Reblaus, von Engerlingen und Nematoden hat sich schweflige Säure, zum Teil bei Verwendung von Kaliumsulfitlauge, als ungeeignet erwiesen.[9])

---

[1]) Flachs, K., und Kronberger, M., Zum Kohlhernieproblem. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **8**, 1930, 75 u. 99.

[2]) Stift, A., Zur Geschichte des Wurzeltöters oder der Rotfäule *(Rhizoctonia viol.)*. Österr.-ungar. Ztschr. für Zuckerind. u. Landw. **42**, 1913, 445.

[3]) Le Roy, Jahresber. Zuckerfabrikation 1870, 61; Cornu, M., et Mouillefert, P., Expériences pour combattre le Phylloxéra. Mem. Acad. Sci. France **25**, 1873, 124; Lemée, Ravages du géophile sur les pommes de terre. C. R. Acad. Agr. France **10**, 1924, 789—791.

[4]) Müller-Thurgau, H., und Osterwalder, A., Versuche zur Bekämpfung der Kohlhernie. Landw. Jahrb. Schweiz **33**, 1919, 1—221; Dies., 1922, s. S. 154[8]); Osterwalder, s. S. 134[1]).

[5]) Kühn, s. S. 155[7]).

[6]) Truffaut, G., et Bezssonoff, N., La stérilisation partielle ou désinfection du sol. La science du sol **1**, 1922, 3—61.

[7]) Schoevers, s. S. 142[1]), 14.

[8]) Wille, J., Die Blattschneiderameisen Südbrasiliens und Versuche zu ihrer Bekämpfung. Tropenpflanzer **32**, 1929, 404—426; Houser, J. S., A new method of subterranean fumigation. Jl. Ec. Ent. **9**, 1916, 285—287.

[9]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 1923, 121; Baunacke, s. S. 134[2]), 201.

Gegen *Rhizoctonia solani* und *Pythium* an Koniferensämlingen hatten Bodenbehandlungen unmittelbar vor Aussaat Erfolg.[1]) Auf sandigem Boden war er besser als auf lehmigem. Nach Buddin wirkt schweflige Säure bei Verabreichung großer Gaben nur durch Reaktionsänderung des Bodens.[2])

#### β) Schwefelsäure

Nach amerikanischen Untersuchungen sind Lösungen von 0,3—0,75% zur Entseuchung von Gemüsebeeten und zur Behandlung des durch *Pythium*, *Fusarium* und *Rhizoctonia* verursachten Wurzelbrandes an Koniferensämlingen geeignet.[3]) Behandlung erfolgt durch Begießen der Saatbeete direkt nach Einsaat (Spaulding: 10 l/qm einer 1%igen Lösung) oder kurz zuvor, indem vor Einbringen der Samen Säure mittels Kalk abgestumpft wird. Die sehr lange nachwirkende Maßnahme fällt nicht in allen Bodenarten gleichmäßig aus; um Pflanzenschäden zu vermeiden, ist kräftige Bewässerung angebracht. Die Säure wird dadurch gleichmäßig verteilt und so verdünnt, daß sie für die Setzlinge unschädlich ist. Unwirksam verliefen Behandlungen gegen *Sclerotinia*-Pilze.

Nach Schoevers[4]) wurde in der Tschechoslowakei von *Verticillium dahliae* befallener Meerrettich mit ½ l/qm einer 10%igen Lösung behandelt. Gegen Kohlhernie hatte Schaffnit[5]) mit 100 g/qm fast keinen Erfolg, desgleichen verliefen die Untersuchungen von Capus[6]) gegen Wurzelfäule bei Getreide und die von Staehelin[7]) gegen pathogene Bodenpilze und Nematoden nicht günstig. Auf Dauersporangien von *Synchytrium endobioticum* ist die Giftwirkung in der Hauptsache von der Wasserstoffkonzentration der Schwefelverbindung abhängig.[8])

---

[1]) Hartley, C., Use of soil fungicides to prevent damping-off of coniferous seedlings. Proc. Soc. Am. Foresters **7**, 1912, 96—99; Buddin, W., Partial sterilization of soil by volatile and non-volatile antiseptics. Jl. Agr. Sci. **6**, 1914, 417—451; Wiant, J. S., The *Rhizoctonia* damping-off of conifers and its control by chemical treatment of the soil. Corn. Univ. Agr. Exp. St., Mem. **124**, 1929.

[2]) Pfeil, Dieses Handbuch Bd. I, 6. Aufl., 1934, S. 163/164.

[3]) Spaulding, P., The treatment of damping-off in coniferous seedlings. U. S. Bur. Plant. Ind., Circ. 4, 1908 u. Phytopathol. **4**, 1914, 73—78; Hartley, C., The use of fungicides to prevent damping-off. Phytopathol. **2**, 1912, 99; Ders., Phytopathol. **4**, 1914, 398, s.[1]) u. S. 155[3]); Hartley and Pierce, s. S. 144[2]); Hartley, C., and Merviel, T. C., Prelim. tests of disinfectants in controlling damping-off in various nursery soils. Phytopathol. **4**, 1914, 89—92; Toumey, J. W., and Li, T. T., Nursery investigations with special reference to damping-off. Yale Univ. School Forestry, Bull. **10**, 1924, 36; Owens, C. E., Principles of plant pathol. 1928, 231; Wiant, s.[1]); Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 51.

[4]) Schoevers, s. S. 142[1]).

[5]) Schaffnit, E., und Lüstner, G., Berichte über das Auftreten von Feinden und Krankheiten der Kulturpflanzen in der Rheinprovinz 1918/19. Ber. Landw. Kammer für die Rheinprovinz Nr. 4, 1920.

[6]) Capus, J., Die Wirkung der Schwefelsäure auf die Fußkrankheit des Getreides *(Leptosphaeria herpotrichoides)*. C. R. Acad. Agr. **1**, 1915, 224—231.

[7]) Staehelin, M., et Porchet, B., Contribution à l'étude de la désinfection partielle du sol en culture maraîchère et horticole. Ann. Agr. Suisse 1933, 769.

[8]) Roach, W. A., and Glynne, M. D., The toxicity of certain sulphur compounds to *Synchytrium endobioticum*, the fungus causing wart disease of potatoes. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 168—190.

Ohne Bedeutung ist die Säure zur Bekämpfung tierischer Bodenschädlinge (z. B. Reblaus). Nach Davis[1]) gingen von Larven der *Popillia japonica* in keiner der untersuchten Konzentrationen mehr als 10% zugrunde. Auf Puppen von *Rhagoletis cerasi* hatten erst hohe Konzentrationen (30%) eine Teilwirkung.[2])

### γ) Kohlensäure

Die von Hamilton[3]) während vieler Monate hauptsächlich mit *Euarthrus sodalis* (Carabide) durchgeführten Versuche haben ergeben, daß die Larven gegen trockene Luft und zunehmende Temperatur viel empfindlicher sind als die widerstandsfähigeren Imagines, daß erstere aber selbst von hochkonzentrierter Kohlensäure wenig angegriffen werden.

### δ) Essigsäure

Von Doran[4]) gegen *Thielavia basicola, Pythium, Rhizoctonia* an Tabak, Salat, Tomaten, Rüben, Gurken und Koniferen erfolgreich untersucht; 7—14 Tage vor der Aussaat wurden 10 l/qm einer 2%igen Essigsäure von 56% Gehalt oder 20 l einer etwa 3%igen Essigsäure des Handels (1 Teil Essigsäure und 32 Teile Wasser) angewandt. Der pH-Wert der behandelten Böden fiel zunächst sehr, war jedoch bei Gaben von 7 ccm auf 100 g trocknen Boden nach 12, bei 14 ccm nach 31 und bei 21 ccm nach 41 Tagen wieder dem der nichtbehandelten Fläche gleich.

1,0—1,2%ige Essigsäure (25—30 l/qm 10 Tage vor der Aussaat) soll Formaldehyd 1 : 500 gleichwertig sein, desgleichen für Tabaksämlinge Weinessig (1 Teil auf 2,5 Teile Wasser, 25 l/qm 10 Tage vor Aussaat) und für Rüben, Gurken, Salat Holzessig (25 l/qm). Letzterer, ebenso wirksam, aber billiger als Essigsäure und Formaldehyd, kann einen Tag vor der Aussaat Verwendung finden. Behandlung erhöht das Trockengewicht der Pflanzen.

Nach Flachs[5]) wird gegen Salatfäule die entseuchende Wirkung von 1,5—2%iger Essigsäure (10—12 l/qm) durch Torfzusatz zum Boden erhöht. In den Versuchen von Staehelin[6]) wirkte Essigsäure (1%, 10 l/qm) bedeutend schwächer als Uspulun und Formol. Außerdem blieben die Pflanzen, obwohl Keimung normal verlief, in der Entwicklung zurück.

Außer gegen Kartoffelkrebs[7]) versagte Essigsäure auch gegen *Heterodera radicicola* (1%, 10 l/qm)[8]). Indessen heben Newhall und Chupp[9]) hervor,

[1]) Davis, J. J., Miscellaneous soil insecticide tests. Soil Sci. **10**, 1920, 61—75.

[2]) Wiesmann, s. S. 141[4]).

[3]) Hamilton, C. C., The behaviour of some soil insects in gradients of evaporating power of air, carbon dioxid, and ammonia. Biol. Bull. Lab. Woods Hole **32**, 1917, 159—182.

[4]) Doran, W. L., Acetic acid as a soil disinfectant. Jl. Agr. Res. **36**, 1928, 269—280; Ders., Acetic acid and pyroligneous acid in comparison with formaldehyde as soil disinfectants. Jl. Agr. Res. **44**, 1932, 571—578 und Massach. St., Bull. **293**, 1933; Anderson, P. J., Swanback, T. R., u. a., Tobacco substation at Windsor, rep. f. 1929. Conn. St., Bull. **311**, 1930, 269—270.

[5]) Flachs, K., Durch *Sclerotinia minor* hervorgerufene Salatfäule und Versuche zu ihrer Bekämpfung. Gartenbauwissensch. **5**, 1931, 541.

[6]) Staehelin et Porchet, s. S. 157[7]).

[7]) Hunt, O'Donnel and Marshall, s. S. 144[2]).

[8]) Schwartz, 1930, s. S. 145[1]).

[9]) Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 48—49.

daß die Entwicklung der Nematoden gehemmt wird. Die Wurzelgallen werden nicht so groß, und die Früchte der behandelten Fläche haben ein besseres Aussehen als die der unbehandelten. Nach Jones[1]) sollen Gewächshausböden durch zweimalige Anwendung einer Lösung von Kalziumzyanid in Essigsäure im Abstand von 7 Tagen vollständig von Nematoden befreit werden.

**ε) Ameisensäure**

Ameisensäure tötet in wäßriger 0,03 %iger und 0,002 %iger Lösung nach kurzer Einwirkungsdauer die Brut der Rübennematoden in den Zysten.[2]) Feststellung hat keine praktische Bedeutung erlangt.

## 3. Ammoniumverbindungen

**α) Ammoniak und Ammoniumsulfat**

Seit langem liegen Untersuchungen vor über die Wirkung von Ammoniak in wäßriger Lösung und in Form seiner wichtigsten Salze gegen Bodenschädlinge (z. B. gegen Reblaus 1873).[3]) Sie erfuhren eine Neubelebung durch die Empfehlung des ammoniakhaltigen Gaswassers der Leuchtgasfabriken als Nematizid durch Willot (1890)[4]), der reines Ammoniakgas wegen seiner Absorptionskraft zur Bodenfeuchtigkeit als unbrauchbar bezeichnete. Die Verwendung ammoniakhaltigen Gaswassers ist jedoch aufgegeben worden, nachdem sich die von Stift, Stromer u. a.[5]) dargelegten Mängel (Schädigung der Pflanzen und teilweise Unschädlichkeit für Parasiten) bestätigt haben. Später hat Baunacke[6]) auf Grund der von ihm ermittelten raschen Abtötung von isolierten *Heterodera schachtii* durch wäßrige Ammoniaklösungen ($\frac{1}{4}$% tötet augenblicklich, $\frac{1}{8}$% nach 25 Minuten) diese in Verbindung mit Reizpflanzensaaten zur Bodenentseuchung empfohlen. Auch diese Erwartungen haben sich unter Freilandverhältnissen nicht erfüllt. Ammoniumsulfat war bereits zuvor als unbrauchbar erkannt worden.[7])

Die in Holland von Quanjer (1909)[8]) mit Ammoniakgas (aus Ammoniaksulfat und Kalk) erzielten guten Ergebnisse gegen Stengelälchen an Zwiebeln wurden später weder von ihm selbst (1911), noch von Schoevers[9]) (1917—1919) und Ramsbottom an Tabak, Tomaten, Gurken und Narzissen bestätigt.[10])

[1]) Jones, L. H., Eradication of nematodes in greenhouse soils. Massach. St., Bull. **260**, 1930, 342—343.

[2]) Chem. Fabrik v. Heyden A. G. Verfahren von Rübennematodenbekämpfung (DRP. Nr. 515, 346). Ztschr. Deutsche Zuckerind. **81**, 1931, 198.

[3]) Cornu et Mouillefert, s. S. 156[3]).

[4]) Willot, Jl. Fabric de sucre **31**, 1890, Nr. 51.

[5]) Stift, A., Ber. über Vers. z. Bekämpfung der Nematoden mittels Gaswasser. Österr.-ungar. Ztschr. Zuckerind. u. Landw. 1895, 988 u. **41**, 1912, H. 3.

[6]) Baunacke, s. S. 134[2]), 204—206.

[7]) Müller und Molz, s. S. 137[7]).

[8]) Quanjer, H. M., Versl. Inst. Phytopathol. 1909, 140—143; Meded. R. H. L. T. en B. S. **5**, 1912.

[9]) Schoevers, T. A. C., Proeven met eenige chemicaliën tegen het wortelaaltje. I. Meded. Rijks Hoogere L. T. en B. S. **12**, 1917, 46—48; II. Landbouwhoogeschool **15**, 1918, 85—88; Verslag (Plantenziektenk. Dienst) betr. de takken van dienst ressorteerende onder de Directie van d. Landbouw 1918, 6; Verslag Phytopatholog. Dienst 1919, 41; 1922, 26—39; 1923, 46; 1925, 40—41.

[10]) Ramsbottom, J. K., Investigations on the *narcissus* disease. Jl. Hort. Soc. **43**, 1918, 51—64; ibid. **44**, 1919, 68—72.

Über Versuche zur Bekämpfung von *Heterodera radicicola* durch intensive Behandlung des Geländes mit in Wasser aufgelöstem Zyannatrium (270 bis 810 kg/0,4 ha) und darauf folgend mit Ammoniumsulfat (405—540 kg/0,4 ha) hat Watson[1]) wiederholt berichtet, obwohl nach Byars Freilandversuche mit 1620 kg Zyannatrium und 2430 kg/ha Ammoniumsulfat fehlgeschlagen sind. Ammoniumsulfat allein soll die Älchen beträchtlich vermindern, während Zyannatrium weniger wirkt. Die besten Erfolge hatte die Verabreichung der beiden Salze kurz hintereinander. Der erheblichen Kosten wegen wird Verfahren besonders für Saatbeete empfohlen, wobei durch Überdecken der behandelten Fläche mit Teerpappe Wirkung erhöht wird. Die Salze haben anscheinend einen besseren Düngewert als das billigere Zyankalium. Auch Rivière und Pichard berichten über höhere Ernteerträge bei Anwendung von Ammoniumsulfat in Verbindung mit einem Bodenentseuchungsmittel.

$1\frac{1}{2}$ l/qm einer $\frac{1}{2}$%igen Ammoniaklösung soll fast alle Bodeninsekten töten[2]), ebenso wirkt nach Watson auf *Lachnosterna, Grylliden, Termiten, Formiciden, Elateriden* u. a. die kombinierte Anwendung von 270 kg Zyannatrium und 405 kg Ammoniumsulfat (je 0,4 ha).

Rohammoniak der Gasanstalten, 150 kg/ha 3—4 Monate vor der Auspflanzung angewendet, vernichtet nach Delpont[3]) *Gryllotalpa, Euxoa segetum* und viele Unkrautsamen. Die insektizide Wirkung beruht vermutlich auf dem Zyangehalt der Flüssigkeit. Grassé[4]) empfiehlt es gegen *Feltia exclamationis.* Tipulidenlarven kommen nach der Bodenbehandlung mit einer 12%igen Lösung von Ammoniumkarbonat (5 l/2 qm) oder einer 2—4%igen Ammoniaklösung (2 l/2 qm) an die Oberfläche, woselbst sie zugrunde gehen (Indikator zur Ermittlung der Befallsstärke).[5]) Mit Ammoniakwasser und Ammoniumkarbonat kann auch die Kohlfliege erfolgreich bekämpft werden.[6])

Gaswasser wirkt auf Puppen von *Rhagoletis cerasi* erst bei höherer Konzentration gut (10 l/qm 25—30%); 1%iges Ammoniak (10 l/qm) und Ammoniumsulfat (bis 700 g/qm) versagten völlig.[7])

Mouillefert[8]) fand, daß wäßriges und gasförmiges Ammoniak Rebläuse, teil-

[1]) Watson, s. S. 137[5]); Ders., Rep. Ent. ibid. Rep. 1920/21, 29—33 R.; 1921/22, 56 bis 59 R.; 1925/26, 42—50 R.; Ders., Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 225—229; Rivière et Pichard, s. S. 164[1]); Byars, s. S. 177[3]).

[2]) Russel, 1920, s. S. 143[1]).

[3]) Delpont, M., Essais de lutte contre les ennemis des plantes sarclées. Vie Agr. et Rur. **29**, 1926, 405—406.

[4]) Grassé, P. P., A propos d'une invasion de ver gris. Progr. Agr. et Vitic. **87**, 1927 509—512.

[5]) Gasow, H., Ergebnisse neuerer Untersuchungen über die Bekämpfung des Wiesenwurms. Mitt. Deutsch. Landw. Ges. **41**, 1926, 410; Hellmann, Die *Tipula*-Schäden des Jahres 1928 und die daraus für die kommende Vegetationsperiode zu ziehenden Lehren. Landw. Wochenbl. Prov. Schleswig-Holstein **79**, 1929, 258—260; Dawson, R. B., Leather jackets. Jl. Bd. Greenkeeping Res. Brit. Golf. Un. **2**, 1932, 183.

[6]) Gasow, s. S. 170[2]).

[7]) Wiesmann, R., Untersuchungen üb. d. Lebensweise d. Kirschfruchtfliege. II. Mitt. Landw. Jahrb. Schweiz **35**, 1934, 325—331; Thiem, H., Beitrag zur Epidemiologie und Bekämpfung der Kirschfruchtfliege *(Rhagoletis cerasi)*. Arb. physiol. angew. Ent. Berlin-Dahlem **1**, 1934, 25.

[8]) Cornu et Mouillefert, s. S. 156[3]), 40, 44, 55, 140.

weise auch an getopften Reben, tötet. Ammoniakhaltiges Wasser und Ammoniumsulfat, letzteres auch in Mischung mit Kalzium- und Kaliumsulfat, hatten auf Rebläuse keine oder nur sehr schwache Wirkung.

### β) Ammoniumchlorid

Verbindung ist mit Ammoniumsulfat oder Ammoniumsulfatsalpeter zur Vernichtung von *Plasmodiophora brassicae*[1]) und *Heterodera schachtii*[2]) nicht brauchbar, wohl aber für sich allein zur Bekämpfung von Wiesenschnaken. Gegen Tipulidenlarven auf Wiesen, Weiden und Haferschlägen (mit fingerlangen Pflänzchen) hat kräftige Gabe von salzsaurem Ammoniak bei oberflächlichem Ausstreuen während warmer, trockner Witterung am Abend vor Anwesenheit der Larven abtötende Wirkung.[3])

### γ) Kalkstickstoff (Kalziumzyanamid)

Nach Korff und Böning[4]) wirkt Kalkstickstoff in unzersetztem Zustande im Boden auf Bodenpilze und auf Krankheitskeime an Samen hemmend. In der Praxis sind die zur Anwendung kommenden Mengen zu gering, um befriedigende Toxizität zu entwickeln. Nach Honig[5]) ist er als Mittel gegen Kohlhernie bei Anwendung großer Mengen zusammen mit entsprechenden Gaben von Phosphorsäure-Kali wertvoll. Kindshoven[6]) befürwortet Behandlung der Aussaaterde bereits im Dezember mit ¼ kg Kalkstickstoff oder 1 kg Kalk je cbm sowie Überstreuen der Beete und Einarbeitung auf 20 cm Tiefe 10 Tage vor Auspflanzung mit einer Mischung von 2 kg Torfmull und 150 g Kalk oder 50 g Kalkstickstoff je qm. Nach anderen Autoren[7]) hat Verbindung mehr oder weniger versagt. Jorgensen erreichte gegen Kohlhernie und *Rhizoctonia* nur geringe Wirkung mit 80 g/qm, gegen Wurzelbrand war sie mittelmäßig.

Bei Anwendung von rund 70—115 kg/ha etwa ein Monat vor Auspflanzung kann bei kleiner Fläche auf stark nematodenverseuchtem Gelände infolge Verminderung des Schädlings Anbau anfälliger Pflanzen erreicht werden.[8]) Größere Gaben (230 kg/ha) verursachen unter Umständen Pflanzenschädigungen.

---

[1]) Osterwalder, s. S. 134[1]).

[2]) Müller und Molz, s. S. 137[7]), 1046; Baunacke, s. S. 134[2]), 205.

[3]) Gasow, H., Lebensweise und Bekämpfung d. Wiesenschnaken. Flugbl. d. Biolog. Reichsanstalt Nr. **75**, 1932, 3 u. S. 160[5]); Dawson, s. S. 160[5]).

[4]) s. S. 155[1]), 52 u. 67.

[5]) Honig, F., Der Kohlkropferreger. Gartenbauwissensch. **5**, 1931, 209. (Hier weitere Literatur); Kupke, W., Kalkstickstoff im Dienste der Kohlherniebekämpfung. Gartenwelt **37**, 1933, 182.

[6]) Kindshoven, Entseuchung des Bodens und Bekämpfung der Kohlhernie mit Kalkstickstoff. Mitt. Deutsch. Landw. Ges. **43**, 1928, 522; Ders., Düngungs- und Bodendesinfektionsversuche verschiedener Art, insbesondere mit Kalkstickstoff, in den Bamberger Gemüsekulturen. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzensch. **8**, 1931, 211—213; Jørgensen, C. A., Afprøvning af Jorddesinfektionsmidler. Tidskr. Planteavl. **39**, 1933, 316—328.

[7]) Jørgensen, s. [6]); Preston, N. C., Prevention of finger-and-toe (club-root) in gardens and allotments. Jl. Min. Agr. **38**, 1931, 272—284; Walker, J. C., and Larson, P. H, Calcium cyanamid in relation control of club-root of cabbage. Jl. Agr. Res. **51**, 1935, 183.

[8]) Watson, J. R., Cyanamide. Florida Grower 1915, 16—17; Rep. Ent. Rep. Florida Univ. Agr. Exp. St. 1919, 56—61 R., ferner S. 137[5]); Krishna Ayyar, P. N., Further experiments on the rootgall nematode, *Het. marioni*. Ind. Jl. Agr., Sci. **3**, 1933, 1064—1071.

Als unbrauchbar erwies sich Kalkstickstoff zur Vernichtung von *Eriosoma lanigerum*[1]) an Wurzeln, von Erdraupen und Drahtwürmern[2]), Larven von *Lachnosterna*[3]) sowie Larven und Puppen von *Rhagoletis cerasi.*[4]) Gegen Drahtwürmer verzeichnen Blunck und Subklew[2]) Wirkung bei flacher Unterbringung von 2—3 dz/ha zur kritischen Fraßzeit im Frühjahr unmittelbar vor oder nach der Saat. Erfolge werden auch gegen *Otiorrhynchus sulcatus*[5]) beschrieben. Gegen *Contarinia pyrivora*[6]) ergaben 10 kg/91 qm 25—27 kg Früchte je Baum gegenüber Kontrolle mit 9—10,4 kg. Die Larven von *C. tritici* und *Sitodiplosis mosellana* wurden bei Düngung mit Kainit (6 dz/ha) und Kalkstickstoff (3 dz/ha) zu 66,1%, bei Kopfgaben im Mai (2 dz/ha) zu 48,9 und 60,6% abgetötet.[7]) Dieselbe Wirkung wurde gegenüber Larven der Gartenhaarmücke erzielt (50—75 kg/0,25 ha).[8])

## 4. Arsenverbindungen

(Arsenik, Natriumarsenit, Natriumarsenat, Bleiarsenat u. a.)

Arsensalze sind neuerdings zur Behandlung von Böden gegen tierische Schädlinge untersucht worden. Einer durchschlagenden Wirkung steht u. a. ihre meist rasche Umsetzung entgegen.

Die von Illingworth[9]) gegen Lamellicornierlarven *(Lepidiota frenchi, L. albohirta, Isodon puncticollis)* beobachteten günstigen Ergebnisse mit 36 kg Arsenik je 0,4 ha sind nicht bestätigt worden.[10]) Befriedigende Ergebnisse wurden

[1]) Reppert, R. R., Schöne, W. J., and Underhill, G. W., Notes on woolly aphis studies. Qrtly. Bull. Virg. St. Crop. Pest Commiss. **4**, 1922.

[2]) Melander, A. L., Division Entom. 33. Ann. Rep. Wash. Agr. Exp. St. 1922/23, Bull. **180**, 1923, 26—29; Schnauer, W., Die Schäden der Wurzeleule *(Hadena monoglypha)* in Brandenburg i. J. 1930. Arb. Landw. Kammer f. Prov. Brandenburg u. f. Berlin H. 77, 1931 u. Deutsch. Landw. Presse **57**, 1930, 511; Mac Leod, G. F., Results of experim. work with wireworms. Am. Potato Jl. **11**, 1934, 61—65; Blunck, H., und Subklew, W., Lebensweise und Bekämpfung der Drahtwürmer. Flugbl. Biolog. Reichsanst. **76**, 1934, 3.

[3]) van Zwaluwenburg, R. H., Rep. Entom. Rep. Porto Rico Agr. Exp. St. 1918, 31—34; (Anonym) Ann. Rep. Insular Exp. St. Porto Rico 1924, 88—103.

[4]) Thiem, s. S. 160[7]), 60.

[5]) Schaffnit und Lüstner, Bericht üb. d. Auftreten von Feinden und Krankheiten i. Rheinprov. f. 1915, 1916. Auszug: Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **28**, 1918, 28—30.

[6]) Schøyen, T. H., Sprøiteforsøk mot paeregallmyggen og rognebaermøllet. Landbruksdir. Beret. 1931, 1932. C 1—C 14.

[7]) Klee, H., und Rademacher, B., Stand der Weizengallmückenbekämpfung nach Untersuchungen in Schleswig-Holstein. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 3—6.

[8]) Abraham, R., Bekämpfung von Gartenhaarmückenlarven im Wintergetreide. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **16**, 1936, 22.

[9]) Illingworth, J. F., The sugar-cane grub pest. Queensl. Agr. Jl. **8**, 1917, 173—175; Das. **15**, 1921, 29—31; Ders., Arsenic for grub infested soils. Jl. Ec. Ent. **14**, 1921, 238—239; Illingworth, J. F., and Jarvis, E., Queensl. Agr. Jl. **9**, 1918, 24—26; Mac Leod, s. [2]).

[10]) Jarvis, E., Work Div. Ent. 21. Ann. Rep. Queensld. Bur. Sugar Exp. St. 1922, 43—46; Bell, A. F., Rep. Div. Ent. and Path. Rep. Bur. Sug. Exp. St. Queensl. **34**, 1934, 50—72; Pemberton, C. E., Ent.-Rep. Comm. Exp. St. Hawaii Sug. Pl. Ars. 1934. 1935, 19—26.

gegen Larven von *Popillia japonica*[1]) und *Anomala orientalis*[2]) erzielt. Die tödlichen Mengen von Bleiarsenat waren auch für Pflanzen giftig. Durch Umhüllung des Salzes mit Paraffin konnte die Giftwirkung nicht verhindert werden (Fleming).

In Laboratoriumsversuchen waren nach Leach (1926)[1]) basisches Bleiarsenat, Eisen- und Magnesiumarsenat ungiftig, Zink- und Kupferarsenat wirkten langsamer als saures Bleiarsenat und Kalziumarsenat, am besten schnitt essigsaures Bleiarsenat ab. Von diesem Salz sind im Freiland 450—1350 kg/0,4 ha angewendet worden. Das Verhältnis zu den Pflanzen war wegen seiner chemischen Umsetzung im Boden nicht einheitlich. Lösliches Arsenik hemmt das Pflanzenwachstum, und basisches Arsenat wirkt auf Larven nicht tödlich. Leach (1929) empfiehlt auf Grund langjähriger Untersuchungen gegen Larven von *Popillia japonica*, *Anomala orientalis*, *Aserica castanea* für kleinere Rasenflächen (weniger als 0,4 ha) bis 2,25 kg mit Sand oder Erde gemischtes Bleiarsenat je 90 qm, für größere Flächen 67,5—112,5 kg/0,4 ha. Die zuerst genannte Menge soll 3—4, die niedrigere Dosis der anderen 2 Jahre lang Schutz gewähren. In Verbindung mit Bleiarsenat darf zugleich mit gut verrottetem Dung Ammoniumsulfat, dagegen nicht Natriumnitrat, Superphosphat, Kaliumsulfat oder Kaliumchlorid verabreicht werden. In schattigen Lagen ist Salz bei Anwesenheit von *Poa annua*, *P. trivialis* und *P. compressa* nicht anwendbar.

Gleich Bleiarsenat wirken auf Larven von *Popillia japonica* tödlich Natrium- und Bariumfluorsilikat, Merkuriborat und -jodid sowie Merkurochlorid (Lipp). Bariumfluorsilikat war im Feld für alle Pflanzen unschädlich.

Im Gewächshaus ergab (nach Metzger) die Einbringung von 450 kg/0,4 ha Bleiarsenat in den Boden (15 cm tief) gegen *Popillia japonica* bessere Befunde als oberflächliche Verabreichung von 900 und 1350 kg/0,4 ha. Gegen *Scutigerella immaculata* (135 kg/0,4 ha, Michelbacher), Larven von *Otiorrhynchus ovatus* und *O. sulcatus* (Gambrell) sowie von *Agriotes mancus* (Mac Leod) wirkte Verbindung nicht ausreichend. Saures Bleiarsenat, als Pulver oder als Flüssigkeit mit und ohne Torf (1—1,5 kg/$\frac{1}{10}$ qm) untergearbeitet, gab gegen Larven von *Odontria zealandica* mehrjährigen Erfolg (Cottier).

Nach Wille[3]) stellt das Verbrennen von weißem Arsenik in Pumpmaschinen

[1]) Leach, B. P., Experiments with certain arsenates as soil insecticides. Jl. Agr. Res. **33**, 1926, 1—8; Ders., Control of white grubs in lawns and golf courses. N. Jers. Dep. Agr., Circ. **163**, 1929; Fleming, W. E., Effect of soil microorganisms on paraffin used as a coating to decrease the injurious action of lead arsenate on plant roots. Jl. Agr. Res. **34**, 1927, 335—338; Lipp, J. W., Studies of substitutes for arsenate of lead as a soil insecticide. Jl. Ec. Ent. **22**, 1929, 600—601; 49. Ann. Rep. Ohio Agr. Exp. St., Bull. **470**, 1931, 79—95; Michelbacher, s. S. 155[6]); Cottier, W., Insecticidal treatment of the grass-grub *(Odontria zealandica)*. N. Z. Jl. Sci. Techn. **13**, 1932, 317—340; Muggeridge, J., Ent. Sect. Ann. Rep. Dep. Agr. N. Z. 1930/31, 1931, 46; Gambrell, F. L., Studies of some insects of evergreens. Proc. 8. Nat. Shade Tree Conf. 1932, 89—93; Metzger, T. W., Prelim. rep. on controlling the winter emergence of the japanese beetle in rose greenhouses by application of chemicals to the soil. Jl. Ec. Ent. **26**, 1933, 205; MacLeod, s. S. 162[2]).

[2]) Wolters, W., Measures for the control of *Anomala orientalis* at the Oahu Sugar Company, Ltd. Hawaii Plant. Rec. **38**, 1934, 264—278.

[3]) Wille, s. S. 156[8]).

die beste Bekämpfung der Attaameisen dar. Die Gase töten noch in 6 m Entfernung sämtliche Entwicklungszustände, einschließlich ihrer Pilzgärten. Das Verfahren wird zusammen mit Schwefel auch gegen Termiten empfohlen.[1])

## 5. Leichtmetallverbindungen

### α) Kaliumchlorid

Als Bodeninsektizid von nur geringer Bedeutung wirkt Kaliumchlorid in 1%iger Lösung auf Nematodenlarven nach 48, in 5%iger Lösung nach 3 Stunden tödlich.[2]) Bodenbehandlung mit 180—270 kg/0,4 ha hat gegen *Acanthopsyche junodi* an *Acacia mollissima* sehr befriedigend gewirkt.[3]) Mengen von 1800 bis 2750 kg/0,4 ha sind für Drahtwürmer, aber auch für die Produktionskraft des Bodens nachteilig.[4])

### β) Kainit und Kaliumsulfat

Verbindungen sind als Insektizide sehr umstritten.[5]) Nach Hollrung gehen Larven von *Heterodera schachtii* in 1%iger Kainitlösung nach 96, in 5%iger nach 3 Stunden zugrunde. Reine Kaliumsulfatlösungen wirken rascher.[6]) Newman empfiehlt gegen *Heterodera radicicola* u. a. auch Düngung mit beiden Salzen.[7])

Faes[8]) hat Kainitanwendung gegen Larven von *Tipula oleracea* empfohlen. Becker[8]) beschreibt guten Erfolg bei Ausstreuen von 600—800 kg/ha Staubkainit, doch konnte Thompson[9]) damit keine Wirkung erzielen (bis 200 kg/0,4 ha). Nach Herrick[10]) wurden in New-Jersey Larven von *Contarinia pyrivora* auf Sandboden mit 450—900 kg/0,4 ha Kainit vernichtet. Auf schwerem Lehmboden leiden die Bäume. Klee[11]) befürwortet gegen Larven von *Contarinia tritici* und *Sitodiplosis mosellana* im Frühjahr nach dem Pflügen Kainit; 10 bis 14 dz/ha ergaben 53,4—66% toter Larven, 40%Kali 4—6 dz/ha 37,0%. Gegen

---

[1]) Rivière et Pichard, La stérilisation partielle du sol. C. R. Acad. Paris T. **174**, 1922, 493 u. T. **180**, 1925, 1054; James, H. C., Banding for coffee mealy bug control. Bull. Dep. Agr. Kenya **24**, 1932.

[2]) Hollrung, M., Jahresber. Vers. St. Pflanzenschutz, Halle/S. 1892, 10—17.

[3]) Henkel, J. S., Attacking the bagworm with salt. The Natal Witness 1931; Henkel, J. S., and Bayer, A. W., The wattle bagworm *(Acanthopsyche junodi)*. S. Afr. Jl. Sci. **29**, 1932, 355.

[4]) Comstock, J. H., and Slingerland, M. V., Wireworms. N. York Corn. St., Bull. **33**, 1891, 235—240; Subklew, s. S. 165[4]).

[5]) Smith, J. B., Farm practice and fertilizers as insecticides. Insect Life. Wash. **6**, 1894, 96; Webster and Hopkins, ibid. **6**, 1894, 97; Baudys, E., Kali als Pflanzenschutzmittel. Prag 1929.

[6]) Hollrung, s.[2]), 12—14.

[7]) Newman, L. J., Potato insect pests. West. Austr. Dep. Agr., Bull. **72**, 1920, 7—27.

[8]) Faes, H., La tipula des jardins. La Terre Vaudoise **13**, 1921, 267—269; Becker, Die Tipula und ihre Bekämpfung. Mitt. Deutsch. Landw. Ges. **44**, 1929, 67—69.

[9]) Thompson, H. W., Leather jackets and their control. Welsh Jl. Agr. **2**, 1926, 228 bis 233.

[10]) Herrick, G. W., Some long-standing and some more recent insect pests with hints on methods of control. Proc. 71. Ann. Meeting N. Y. State Hort. Soc. 1926, 4—17.

[11]) Klee, H., Die Bekämpfung der Weizengallmücken mittels Bodenbearbeitung und Düngung. Ernährung der Pflanze **28**, 1932, 323; Klee und Rademacher, s. S. 162[7]).

*Bibio marci*[1]) und Larven von *Dasyneura viciae*[2]) wird eine Mischung von Kainit und Kalkstickstoff (Verhältnis 6 : 1) empfohlen. Ohne Wirkung blieb Kainit (bis 700 g/qm) auf oberflächlich liegende Maden und Puppen von *Rhagoletis cerasi*.[3]) Als Mittel zur Bekämpfung von Drahtwürmern ist es nicht besonders zuverlässig.[4])

Kainit fand ferner erfolgreiche Verwendung gegen Larven von *Otiorrhynchus sulcatus* bei Gaben von etwa 200 g in Löchern rund um jeden Rebstock im Winterhalbjahr[5]), *O. raucus* durch Eingraben in im Juni aufgeharkten Boden[6]) und *Zabrus tenebrioides* durch Aufstreuen in gemahlenem Zustand vor Regen oder in Wasser aufgelöst[7]). Gegenüber Engerlingen von *Melolontha vulgaris*[8]) wurde in Übereinstimmung mit früheren Feststellungen (Fluhrer, Theobald), aber im Gegensatz zu Kaysing erneut experimentell ermittelt, daß dieser Schädling mit zulässigen Kainitgaben nicht niedergehalten werden kann.

### γ) Natriumfluorsilikat (Kieselfluornatrium)

Zur Bekämpfung von an Wurzeln von Erdbeeren fressenden Rüsselkäferlarven geeignet.[9])

---

[1]) Robek, A., Muchnice dubnová *(Bibio marci)*. Ochr. Rostl. (Prag) **10**, 1930, 73—74.

[2]) Baudys, E., Flugblatt 43 d. Inst. Pflanzenhygiene. Brünn 1926.

[3]) Thiem, s. S. 160[7]), 59—60.

[4]) Störmer, K., und Kleine, R., Die Drahtwürmer. III. Landw. Ztg. **22**, 1912, 393; Schaffnit, E., Beschädigungen des Getreides durch Drahtwürmer. Bericht üb. Auftreten v. Feinden und Krankheiten der Kulturpflanzen i. d. Rheinprovinz 1918. 1919; Taillefert, s. S. 167[7]); Wiegand, A., Drahtwurmbekämpfung mit Kainit. Deutsche Landw. Presse **51**, 1924, 380 u. Deutsch. Zuckerind. **49**, 1924, 1017; Rambousek, F., Katastrofálni rozšireni larev ková řiků. Ochr. Rostl. **2**, 1922, 30—31 u. Z. Zuckerind. čsl. Republ. **8**, 1927, 313—325; Langenbuch, R., Beitr. z. Kenntnis d. Biologie v. *Agriotes lineatus* u. *A. obscurus* (2. Teil). Z. angew. Ent. **20**, 1933, 296—306; Subklew, W., Grundsätzliches z. Frage d. Drahtwurmbekämpfung mit Düngesalzen. Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **46**, 1936, 257—269 (hier weitere Litr.).

[5]) Schaffnit und Lüstner, Bericht über Auftreten von Feinden und Krankheiten der Kulturpflanzen in der Rheinprovinz 1916 u. 1917. 1919; Fischer, Erfahrungen über die Bekämpfung des gefurchten Dickmaulrüßlers oder des Rebfallkäfers oder Schreibers. Mitt. ü. Weinbau u. Kellerwirtschaft (Geisenheim/Rh.) **23**, 1911, 146—151.

[6]) Kaiser, P., Lappenrüßlerkäfer *(Otiorrhynchus)* als Obstbaumschädlinge. Dtsch. Obstbauztg. 1922, 431—432.

[7]) Baudys, E., O hrbáči osennim či střevlci obilnim *(Zabrus gibbus)*. Časopis Čescoslov. spolecn. Ent. **17**, 1921, 32—34.

[8]) Fluhrer, Zur Bekämpfung der Engerlinge. Fühlings Landw. Ztg. 1922, 72—78; W. R. C., La fume potassique et les vers blancs. Terre Vaudoise **18**, 1925, 211; Theobald, F. V., An attack of cockchafer larvae on grassland and some experiments in connection with their control. Jl. S. E. Agr. Coll. 1927, 40—43; Dusserre, C., Utilité des engrais chimiques pour la destruction de certains parasites des cultures. Terre Vaudoise **19**, 1927, 238; Kaysing, P., Bekämpfung des Engerlings mit chemischen Mitteln. Ernährung d. Pflanze **30**, 1934, 26—29; Schwerdtfeger, F., Unters. üb. die Eignung von Kalidüngemitteln zur Bekämpfung des Engerlings *(Melolontha mel.* und *Mel. hippoc.)*. Z. Forst- u. Jagdwesen **68**, 1936, 177—210; Subklew, W., Experimentelle Untersuchungen über die Bekämpfung der Maikäferengerlinge mit Kalidüngemitteln. Anz. f. Schädlingskunde **12**, 1936, 65—67.

[9]) Melander, A. L., Webster, R. L., und Spuler, A., Soil treatment for subterranean insects. Wash. Col. St., Bull. **208**, 1926, 21—22; Lipp, s. S. 163[1]).

δ) **Kalk** (Kohlensaurer Kalk, Kalkmilch, Ätzkalk, Branntkalk, Löschkalk)

Verabreichung von Kalk kann, abgesehen von der Behebung von ungünstigen Bodenzuständen (Säurekrankheit, Kalkmangelkrankheit u. a.), auch durch die Ätzwirkung bei der Umsetzung in gelöschten Kalk direkt bodenentseuchend wirken. Die unmittelbare insektizide und insektifuge Wirkung des Kalkes bedarf noch sehr der exakten Untersuchung, vielfach dürfte er ohne solchen Einfluß sein.[1]) Nach dem Hinweis von Eycleshymer[2]) auf auffällig schwachen Befall der Kohlpflanzen durch *Plasmodiophora brassicae* in kalkhaltigen Böden hatten Halsted[3]) und Ravn[4]) die ersten günstigen Ergebnisse durch Anwendung von Ätzkalk und kohlensaurem Kalk auf herniekrankem Boden. Diese wiederholt bestätigte Erscheinung[5]) ist insoweit geklärt, als experimentell bewiesen werden konnte[6]), daß die Kalkbehandlung nicht die Herniesporen abtötet, sondern lediglich deren Keimung hemmt.

Die von Kühn[7]) empfohlene kräftige Mischung nematodenverseuchter Erde mit Ätzkalk (4—6 : 1) eignet sich nicht für Freilandverhältnisse, sondern nur für die Behandlung von Fabrikkompost. In Schlämmteichen von Zuckerfabriken werden nach Hollrung[8]) sämtliche Nematoden durch Zusatz von Kalkwasser bis zu einer Alkalität von 0,03% vernichtet.[9]) Nach Müller und Molz[10]) ist bei einer Alkalität von 0,12% eine Einwirkung von 60 Tagen erforderlich. Nur bei Vorhandensein kleiner örtlicher Verseuchungen wird gegen *Heterodera schachtii*[11]),

---

[1]) Jensen, H., De Lanasziekte in te Vorstenlanden en hare bestrijding. Mededeel. Proefst. Vorstenl. tabak **1**, 1913, **5**, 1913, **29**, 1917; d'Angremond, A., Bestrijding van *Phytophthora nicotianae* in de Vorstenlanden. Das. I, 39 u. II, 43; Hutchinson, H. B., The partial sterilization of soil by means of caustic lime. Jl. Agr. Sci. **5**, 1913, 320—330; Hollrung, s. S. 156[9]), 160; Kessler, B., Kalk und Landwirtschaft. Deutsch. Landw. Presse **51**, 1924, 38—39, 52; Korff und Ottensooser, s. S. 152[1]); Korff und Böning, s. S. 155[4]); Korff, G., Kalk als Pflanzenschutzmittel. 1929; Ders., Der gegenwärtige Stand der Pflanzenschutzmittelfrage. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **7**, 1930, 249.

[2]) Eycleshymer, A. C., Club-root in the United States. Jl. Mycol. **7**, 1894, 79.

[3]) Halsted, B. D., Soil fungicides for potato and turnip diseases. N. Jers. Agr. Exp. St., Bull. S, 1900.

[4]) Ravn, F. K., Et infektionsförsög med kaalbroksvamp. Biol. Arbejder tilegnede E. Warming 1911 und Bereting Forsögs Plantek 1911 (Zentralbl. Bakt. II, **35**, 1912, 522).

[5]) Honig, s. S. 161[5]), 204. (Hier weitere Literatur); Nielsen, N. J., Forsøg med bekaempelse af kaalbroksvamp. Tidskr. Planteavl. **39**, 1933, 361—400.

[6]) Bremer, s. S. 140[6]), 227, 673; Ders., Stand der Kohlherniefrage. Mitt. d. Deutsch. Landw. Ges. **49**, 1934, 1130; Naumov, N., L'action du calcium et de certains autres métaux dans le mode d'infection du chou par la hernie. Défense Plantes **4**, 1927, 320—328; Wellmann, F. L., Club-root of crucifers. Dep. Agr. Wash., Techn. Bull. **181**, 1930; Flachs und Kronberger, s. S. 156[1]).

[7]) Kühn, s. S. 155[7]), 88—102, Morgan, D. O., Investigations on eelworm in potatoes in South Lincolnshire. Jl. Helminthology **3**, 1925, 185—192.

[8]) Hollrung, M., 3. Jahresber. Vers. Stat. f. Nematodenvertilgung. 1891, 25.

[9]) Stift, A., Über im Jahre 1910 bzw. 1917 veröffentlichte Arbeiten, betreffend Zuckerrüben- und Kartoffelkrankheiten. Zentralbl. Bakt. II, **30**, 1911, 587 u. **49**, 1919, 438; Uzel, Z. Zuckerindustrie in Böhmen **41**, 1917, 420.

[10]) Müller, H.C., und Molz, E., Versuche zur Ermittlung des Wirkungswertes verschiedener Stoffe zur Bekämpfung der Rübennematoden in Schlammerden. Bl. f. Zuckerrübenbau **28**, 1921, 96—102, 144—149.

[11]) Shaw, H. B., Control of the sugar-beet nematode. U. S. Dep. Agr., Farm. Bull. **772**, 1916.

*H. radicicola*[1]) und *Tylenchus sp.*[2]) Verabreichung größerer Mengen Ätzkalk empfohlen. Nach Peters[3]) sollen Böden mit 7,0 pH und darüber für *Heterodera schachtii* ungünstig sein.

Behandlung mit Ätzkalk (2000 kg/ha) wird in Verbindung mit intensiver Bodenbearbeitung gegen Engerlinge empfohlen.[4]) Im Gegensatz zu den Ermittlungen von Comstock und Slingerland[5]) wird eine direkte Wirkung auf Drahtwürmer angenommen, wenn eingegrabener Branntkalk oder frischer Gaskalk (5000 kg/0,4 ha), 4—5 Monate vor dem Auspflanzen untergepflügt (Green), durch Regen gelöscht wird.[6]) Bei Verwendung von Kainit ist Mischung mit Ätzkalk wertvoll, da dadurch der oberflächlichen Krustenbildung vorgebeugt wird.[7]) Die Larven ziehen sich indessen nur in größere Tiefen zurück.

Für Bekämpfung von Erdraupen (*Agrotis segetum* u. a.) wird gleichfalls Ausstreuen und Einarbeiten von Kalk empfohlen.[8]) Auch Pierce[9]) hatte in Negros (Philippinen) bei kräftiger Kalkdüngung gegen Erdraupen, die sich in saurem Boden aufhielten, Erfolg.

ε) **Chlorkalk** (einschl. Kalziumhypochlorid, bleaching powder)

Loew[10]) hatte im Gegensatz zu anderen Untersuchern gegen Kohlhernie und Nematoden teilweisen Erfolg, wenn nicht unter 300 g/qm Chlorkalk zur Anwendung kamen. Nostiz[11]) erzielte bei Sommerhafer mit 51—125 g/qm beträchtliche Ertragssteigerung. Die Zersetzung des Chlorkalks zu freiem Chlor ist von dem Gehalt des Bodens an Kohlensäure, von seiner Durchlüftung und Humusmenge abhängig. Sie erfolgt um so schneller, je mehr Humus vorhanden ist. Gute Ergebnisse werden aus England berichtet gegen *Rhizoctonia violacea* an Mohrrüben mit 70 g/qm, etwa zwei Wochen vor der Auspflanzung unterzugraben.[12]) Stärkere

---

[1]) Insect pests in Ceylon 1919. Planter's Chron. **15**, 1920, 206—208; Newman, s. S. 164[7]); Sandground, J., A study of the life-history and methods of control of the root gall nematode (*Het. radicic.*) in South Africa. S.-Afr. Jl. Sci. **18**, 1922, 299—418; Schoevers 1917, s. S. 159[9]).

[2]) Illingworth, J. F., The root disease of the banana in North-Queensland. Agr. Jl. **14**, 1920, 297—301.

[3]) Peters, B. G., *Heterod. schachtii* and soil acidity. Jl. Helminthol. **4**, 1928, 87—114.

[4]) Ludwigs, K., und Schmidt, M., Krankheiten und Schädlinge der Korbweiden. Flugbl. d. Biolog. Reichsanst. Nr. **81**, 1930, 12.

[5]) Siehe S. 164[4]).

[6]) Hermann, L., Kalk als Mittel gegen Drahtwurm. Umschau **23**, 1919, 604; Rambousek, s. S. 165[4]); Green, F., How to combat injurious insects. Qtrly. Jl. Forestry **17**, 1923, 208—224.

[7]) Taillefert, A., Les larves „Fils de fer" et les moyens de les combattre dans les champs de céréales. La Terre Vaudoise **13**, 1921, 343—345.

[8]) Danger, L., Die Graseule und deren Bekämpfung. Landw. Wochenbl. f. Schleswig-Holstein **67**, 1917, 591; Ludwigs und Schmidt, s. [4]).

[9]) Pierce, W. D., The bearing of the oxytofactor in insect control. Jl. N. York Ent. Soc. **39**, 1931, 159—165.

[10]) Loew, O., Über Bodensäuberung. Zentralbl. Bakt. II, **31**, 1912, 466—477; Ders., Über Chlorkalk als Bodendesinfektionsmittel. D. prakt. Landw. **44**, 1925, 413; Morgan, s. S. 166[7]); Honig, s. S. 161[8]). (Hier weitere Literatur.)

[11]) Nostiz, A. v., Desinfektionsversuche auf Moorboden. Landw. Jahrb. **48**, 1915, 587 bis 606.

[12]) Newhall and Chupp, s. S. 132[1]).

Gaben wirken schädlich. Gratz[1]) hatte mit Kalziumhypochlorid gegen *Rhizoctonia solani* keinen Erfolg. Wirkungslos blieben auch Behandlungen gegen Kartoffelkrebs[2]) sowie Maden und Puppen von *Rhagoletis cerasi* (210 g/qm).[3]) Gegen *Hylemyia antiqua* soll Mittel befriedigend gewirkt haben (56 g/1 a).[4])

### 6. Schwermetallverbindungen

#### α) Kupferverbindungen (einschl. Kupferkalkbrühe)

Bodenbehandlungen mit Kupfersalzen (körnig oder pulverförmig) werden empfohlen zur Bekämpfung von pathogenen *Phytophthora*- und *Pythium*-Pilzen, dagegen nicht gegen *Rhizoctonia*-Pilze.[5]) Weil Kupfer im Boden ziemlich lange erhalten bleibt, werden dadurch auch die aufbrechenden Keimlinge vor Pilzbefall geschützt. Nachteilig ist beim Kupfersulfat die leichte Wasserlöslichkeit und die hohe Giftigkeit des in Lösung gegangenen Kupfers für die Pflanzen, beim Kupferkarbonat die infolge der geringen Wasserlöslichkeit schwächere toxische Wirkung. Nach Newhall und Chupp[6]) wird die Gefährlichkeit des Kupfersulfats dadurch gemindert, daß es bei oberflächlicher Anwendung nicht tief in den Boden eindringt.

Auch aus Holland liegen günstige Ergebnisse vor und zwar über die Bekämpfung der „Stecklingskrankheit".[7]) Begießen des Bodens mit schwacher Kupfersulfatlösung wird vorbeugend empfohlen u. a. gegen Schwarzbeinigkeit bei Kohlpflanzen, *Phytophthora terrestria* in Tomatenzuchtbeeten sowie gegen Brand *(smeul)*.[8]) Im letzteren Fall werden nach der Aussaat 5 l/qm einer 0,6%igen Lösung genommen, ebensoviel Wasser ist nachzugießen.

Gegen Kartoffelkrebs haben Kupfersulfat und Bordelaiser Brühe versagt.[9]) Kupfersulfat (50—75 kg/ha) schädigte Aufgang des Getreides, brachte aber

---

[1]) Gratz, s. S. 144[2]).

[2]) Snell, J., and Johnson, E., Ormskirk potato trials. Min. Agr. and Fish. Miscel. Public. Nr. **28**, 1920; Hunt, O'Donnel and Marshall, s. S. 144[2]); Roach, Glynne, Brierley, Crowther, s. S. 154[6]); Ducomet et Foëx, s. [9]); Lemmerzahl, J., Beitrag zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Phytopathol. Ztschr. **2**, 1930, 281.

[3]) Thiem, s. S. 160[7]), 59—60.

[4]) Eyer, J. R., The bionomics and control of the onion maggot. Pennsylv. Agr. Exp. St., Bull. **171**, 1922.

[5]) Hartley and Pierce, s. S. 144[2]); Peltier, s. S. 144[2]); Small, s. S. 144[2]); Thomas, H. E., Some chemical treatments of soil for the control of damping-off fungi. Phytopathol. **17**, 1927, 499—506; Clayton, E. E., Toxicity of mercury and copper compounds in relation to their use of seed treatment and spraying. Phytopathol. **19**, 1929, 86; Alexander, L. J., Young, H. C., and Kiger, C. W., The causes and control of damping-off of tomato seedlings. Ohio St., Bull. **496**, 1931, 38.

[6]) Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 53.

[7]) Schoevers, s. S. 142[1]), 12.

[8]) Schoevers, s. [7]); Miège, C., The disinfection of the soil. Ann. Serv. Epiphyt. **5**, 1918, 94; Hartley and Merviel, s. S. 157[3]); Voß, G., Verhütung der Schwarzbeinigkeit bei jungen Kohlpflanzen. Prakt. Ratgeber f. Obst- u. Gartenbau **34**, 1919, 141; Rosenbaum, J., Infection experiments on tomatoes with *Phytophthora terrestria* and a hot-water treatment of the fruit. Phytopathol. **10**, 1920, 101—105.

[9]) Lyman, G. R., Kunkel, L. O., and Orton, C. R., Potato wart. U. S. Dep. Agr. Circ. **111**, 1920, 19; Hunt, O'Donnel and Marshall, s. S. 144[2]); Ducomet et Foëx, Étude de la galle verruqueuse de la pomme de terre. Rev. Path. veg. et Ent. Agr. **13**, 1926, 293.

trotz Vorhandenseins von Fußkrankheit (*Ophiobolus graminis* u. a.) geringen Mehrertrag.[1]) Gegenüber *Plasmodiophora brassicae* waren Befunde fast alle negativ.[2])

Die insektizide Bedeutung des Kupfersulfats ist gering, obwohl über erfolgreiche Anwendung gegen Engerlinge und Erdraupen wiederholt berichtet worden ist.[3])

Als Bodenentseuchungsmittel hat Bordelaiser Brühe kaum[4]), dagegen Cheshuntmischung (56 g Kupfersulfat und 310 g Ammoniumkarbonat) in England und Holland größere praktische Bedeutung.[5]) Die Salze werden nach der Mischung wenigstens 24 Stunden in einem geschlossenen Gefäß aufbewahrt. Darauf löst man eine bestimmte Menge in heißem Wasser auf, gibt soviel kaltes Wasser hinzu, daß eine 0,3%ige Lösung entsteht. Damit wird der Boden oberflächlich bewässert, auch können ohne Nachteil Pflanzen direkt angegossen werden. Die Cheshuntmischung ist sehr wirksam gegen *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora crypta* und *P. parasitica* an jungen Tomatenpflanzen (7 l/qm der wäßrigen Lösung), weniger gegen *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Fusarium*.

Kupferkarbonat (grob und feinkörnig) wird in wäßriger Form (0,5%) entweder oberflächlich nach der Aussaat (12 l/qm) verabreicht oder längs der Keimlingsreihe ausgegossen (0,4 l/qm) oder staubförmig (50 g/qm) verwendet.[6]) Salz wirkt im Boden lange nach; Hemmungen des pflanzlichen Wachstums treten indessen nur bei Verabreichung sehr großer Mengen auf. Gegen *Rhizoctonia*-Krankheit versagte es, gegen *Phytophthora* bei Tomaten wirkte es in Gefäßversuchen.

### β) Sublimat, Kalomel

Außer zahlreichen organischen Quecksilberverbindungen wirken auf viele pathogene Bodenpilze, insbesondere auch auf *Rhizoctonia*, Merkurichlorid (Sublimat, *corrosive sublimate*), Merkurochlorid (Kalomel) und Merkurioxyd toxisch.[7]) Sie lassen sich leicht anwenden, wirken noch in starker Verdünnung

---

[1]) Mencacci, M., Sopra alcuni tentativi di lotta contro il mal del piede del frumento. Boll. Staz. pat. veg. **8**, 1928, 312—332.

[2]) Honig, s. S. 161[5]), 196.

[3]) Wahl, B., Bekämpfung der Erdraupen. Mitt. landw. bakt. Pflanzenschutzstation, Wien 1916; Portaro, V., Una nueva plaga de la cañan el pais. Vida Agric. **1**, 1924, 59.

[4]) Schoevers, s. S. 142[1]), 14; Marschal, P., and Foëx, E., Rep. Phytopath. 1918. Ann. Serv. Epiphities **6**, 1919, 5—33; Ritzema Bos, Millioenpooten *(Blani. guttulat.)* schadelijk aan suikerbieten. Tijdschr. Plantenziekten **30**, 1924, 80; Stear, J. R., Reduction of white grub injury by bordeaux mixture. Jl. Ec. Ent. **25**, 1932, 932.

[5]) Spaulding, s. S. 157[2]); Bewley, W. F., Pour la lutte contre *Phytophthora parasitica*, *P. cryptogea et Rhizoctonia solani*, agents de la maladie de la tomate appelée „damping-off" et „foot rot" en Angleterre. Jl. Min. Agr. **28**, 1921, 633; Ders., s. S. 143[2]); Schoevers, T. A. C., Versl. en Meded. v. d. Plantenziektenk. Dienst **26**, 1929, 8 u. **31**, 1923, 35—36.

[6]) Thomas, s. S. 168[5]); Newhall and Chupp, s. S. 132[1]).

[7]) Hartley, s. S. 157[3]); Glasgow, H., and Gloyer, W. O., The mercuric chloride treatment for cabbage maggot control in its relation to the development of seedbed diseases. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 95—101; Gloyer, W. O., and Glasgow, H., Cabbage seedbed diseases and Delphinium root rots; their relation to certain methods of cabbage maggot control. N. York Agr. Exp. St., Bull. **513**, 1924, 38 S.; Dies., Effect of the mercuric chloride treat-

rasch tödlich und zwar im Boden so lange, daß die Pflanzen über die gefährlichste Entwicklungszeit hinwegkommen. Als Nachteile gelten ihre hohe Giftigkeit für den Menschen, ihre in einigen Böden beobachtete schädliche Wirkung auf das Pflanzenwachstum, ihre geringe Wirkung auf Nematoden und das rasche Absetzen gewisser Verbindungen in wäßriger Lösung. Gloyer und Glasgow haben auf die unterschiedliche Empfindlichkeit der behandelten Pflanzen, sowie auf die Abhängigkeit der Tiefenwirkung von Reaktion, Feuchtigkeitsgehalt und physikalischer Beschaffenheit des Bodens hingewiesen.

Sublimat wird gegen Stengel- und Wurzelfäule *(damping-off, wirestem)* sowie Kohlhernie [bei Kohl (0,07%) und bei Blumen- und Rosenkohl (0,05%)] angewendet, indem der Boden in der Nähe der Pflanzen reichlich durchnäßt wird. Gute Ergebnisse wurden ferner in forstlichen Pflanzschulen erzielt bei trockener oder wäßriger Anwendung von Sublimat (125—185 g/100 qm) oder Kalomel (110 bis 170 g/100 qm) nach der Aussaat; gegen Braunfleckenkrankheit auf Rasen *(Rhizoctonia solani)*[1]) genügen 8—24 g/100 qm. Sublimat wird in wäßriger Lösung, Kalomel oder Quecksilberoxyd in Mischung mit leicht feuchtem Sand verabreicht.

Sublimat, nach Slingerland bereits vor 1864 in Verbindung mit der Bekämpfung von *Chortophila brassicae* genannt, hat sich dank der Arbeiten von Peterson, Lowry, Ruhmann, Huckett und Brittain in kurzer Zeit durchgesetzt[2]), so daß es im Großen (0,05—0,1 %) Verwendung findet.[2]) Bei reich-

---

ment for maggot on *Rhizoctonia* and club-root of cabbage. Abstr. Phytopath. **14**, 1924, 25 u. Sci. **59**, 1924, 338; Glasgow, H., Control of the cabbage maggot in the seedbed. N. Y. St. Agr. Exp. St., Bull. **512**, 1925, 112 S.; Clayton, E. E., Control of seedbed diseases of cruciferous crops on Long Island by the mercuric chloride treatment for cabbage maggot. N. Y. St. Agr. Exp. St., Bull. **537**, 1926, 29 S.; Thomas, s. S. 168[5]); Wiant, s. S. 157[1]); Ders., Phytopath. **17**, 1927, 51—52; Korff und Böning, s. S. 155[1]), 46, 61; Brown, B. A., The organic mercury compounds for the control of scab and *Rhizoctonia* of potatoes. Conn. Storrs St., Bull. **164**, 1930, 83—106; Newhall and Chupp, s. S. 132[1]); Jørgensen, s. S. 161[6]); Preston, N. C., The control of club-root in cauliflowers. Jl. Min. Agr. **41**, 1934, 329—334; Slikke, C. M. v. d., Versl. van Rijkstuinbouwproefvelden over grondontsmetting tegen de rhizoctoniaziekte en de schurft op aardappelen. Tijdschr. ov. plantenziekt. **41**, 1935, 65—73.

[1]) Piper, C. V., and Coe, H. S., *Rhizoctonia* in lawns and pastures. Phytopath. **9**, 1919, 89—92; Ookley, R. A., Brown-patch investigation. Bull. U. S. Golf Assoc. Green Sect. **4**, 1924, 87—94; Godfrey, G. H., Experiments on the control of brown-patch with chlorophenyl-mercury. Das. **5**, 1925, 83—87; Fitts, O. B., June experiments at Arlington experimental turf garden with chlorophenol mercury compounds. Das. **5**, 1925, 147—148; Tilford, P. E., Brown-patch of lawns and golf greens. Ohio Agr. Exp. St., Bull. **117**, 1925; Monteith, J., Corrosive sublimate as a control for brown patch. Bull. U. S. Golf Assoc. Green Sect. **6**, 1926, 151—155. **7**, 1927, 210—216. (Vgl. **5**, 1925, 173, 180, 202, 219, 272); Monteith, J., and Dahl, A. S., Mercury as a control for turf diseases. Phytopath. **18**, 1928, 137 (vgl. **16**, 1926, 76. **17**, 1927, 50); Newhall and Chupp, s. S. 132[1]).

[2]) Slingerland, M. V., The cabbage root maggot, with notes on the onion maggot and allied insects. Cornell Univ. Agr. Exp. St., Bull. **78**, 1894, 560; Peterson, J., Market Growers' Jl. 1914, 321; Lowry, O. S., Rep. Conn. Agr. Exp. St. 1915, 142—152; Ruhmann, M. H., Ent. Soc. Ont. Ann. Rep. **50**, 1919, 68; 16. Ann. Rep. Brit. Columb. Dep. Agr. 1922, U. 69—73; Huckett, H. C., 49. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1919, 67—69; Mc Lennan, A. H., Spraying vegetables. Can. Hort. and Beekeeper **28**, 1920, 107—108; Three market garden troubles. Can. Hort. **45**, 1922, 23; New methods developed in control

licher Durchtränkung des Bodens in unmittelbarer Nachbarschaft der Pflanzen werden Eier und schlüpfende Larven (ausgewachsene dagegen nicht) vernichtet. Im feldmäßigen Kohlanbau bewährte sich 0,06 %ige Sublimatlösung (75—100 ccm je Pflanze), am 4. und 14. Tage nach der Auspflanzung angewendet. Auf Saatbeeten erfolgt Bekämpfung spätestens 4 Tage nach Auffindung der Eier.

Gute Erfolge mit Sublimat allein oder in Mischung mit Bordeauxbrühe gegen *Hylemyia antiqua* verzeichnen Flint und Compton, Ruhmann und Mote.[1]) Durch Kalomelbehandlung werden Larven von *Diplosis mori*[2]), *Camptocladius byssinus* und *Sciara caisar*[3]) vernichtet.

#### γ) **Uspulun** (Chlorphenolquecksilber)

Weniger wirksam als Sublimat, aber auch weniger gefährlich für Pflanzen; es eignet sich zur Entseuchung von schädlichen Bodenpilzen in Anzuchtkästen. Bei der sogenannten nassen Behandlung werden vor der Bepflanzung 0,25—0,5%ige wäßrige Lösungen oder nach derselben eine 0,01%ige Lösung angewendet. Bei der wirksameren trockenen Behandlung wird Uspulun 1—14 Tage und noch länger vor der Auspflanzung mit Boden gemischt (0,25—0,5 g auf 1 kg Erde), oberflächlich ausgestreut (70—120 g/qm) und leicht in den Boden gehackt oder in Pflanzlöcher gegeben.[4])

---

of insects and fungus diseases. 17. Ann. Rep. Ont. Veg. Growers' Assoc. 1922, 32—38; Treherne, R. C., Insects f. 1919. Agr. Jl. Victoria **5**, 1920, 25, 52—56; Treherne, R. C., and Ruhmann, M. H., 50. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1920, 68—70 und 51. Ann. Rep. 1921, 50—53; Gibson, A., 15. Ann. Rep. Ont. Veg. Growers' Assoc. 1920, 67—70; 50. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1920, 71—73; Brittain, W. H., 50. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1920, 61—68; Proc. Ent. Soc. Nova Scotia 1921, 54—73; Proc. Acadian Ent. Soc. 1922, 49—71; Jl. Ec. Ent. **16**, 1923, 61—68; Ann. Rep. Secy. Agr. Nova Scotia 1923. 1924, 48—61; Proc. Acadian Ent. Soc. **10**, 1925, 23—42; Bull. Dep. Nat. Res. Nova Scotia Nr. **11**, 1927, 53 S. (Ergebnisse von 10jähr. Versuchen); Tomaszewski, W., Nitsche, G., und Langenbuch, R., Die Bekämpfung der Kohlfliegen *Chortophila brassicae* und *Ch. floralis*. Arb. physiol. u. angew. Ent. (Berlin-Dahlem) **1**, 1934, 229—242. (Hier weitere Literatur.); Gasow, H., Beitrag zur Bekämpfung der Kohlfliege durch flüssige und streufähige Mittel. Z. angew. Ent. **22**, 1936, 118—130.

[1]) Brittain 1921, s. S. 170[2]); Smith, K. M., Control of the onion fly. Bull. Chamb. Hort. **1**, 1923, 54—55; Ders., Ann. Appl. Biol. **12**, 1925, 77—92; Flint, W. P., and Compton, C. C., A new method for controlling the onion maggot. Jl. Ec. Ent. **18**, 1925, 111—116; Ruhmann, M. H., 19. Ann. Rep. Brit. Columb. Dep. Agr. 1925, K. 35—40; Mote, D. C., Dep. of Ent. Bienn. Rep. Oreg. Agr. Exp. St. 1926/1928. 1928, 101—109; Glasgow, H., Eine neue Verwendung für Quecksilbersalze. Chem. Markets **24**, 1929, 383—384; Dustan, A. G., Control of the onion maggot and the carrot rust fly. 25. Ann. Rep. Veg. Growers' Assoc. Ont. 1930, 47—52.

[2]) Tanabe & Sekiya, Oyo Dobuts. Zasshi **2**, 1920, 270—281.

[3]) Thompson, R. W., An outbreak of Mycetophilid and Chironomid larvae in a large commercial greenhouse. 60. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1929, 96—99.

[4]) Löbner, Versuche zur Bekämpfung der Kropfkrankheit der Kohlgewächse. Rhein. Monatsschr. Obst- u. Gemüsebau **12**, 1919, 6—9; Severin, H. C., 11. Ann. Rep. Ent. S. Dakota St. Coll., Brookings 1920; Sommer, H., Kohlherniebekämpfung mit Uspulun im Jahre 1921. Deutsche Obstbauzeitg. **68**, 1922, 43—44; Höstermann, Versuche zur Bekämpfung der Kohlhernie. Landw. Jahrb. **57**, Erg.-Bd. **1**, 1922, 100—103; Pfältzer, A., Het vrucht en bladvuur van de komkommer. Baarn 1927, 56; Eigeman, L., Proeven tegen Fusarium in komkommers. De Tuinderij **23**, 1931.

Staehelin[1]) stellte bei Gaben von 120 g/qm ungünstige Wirkung auf die Keimung von Futterrüben (Kohl- und Bohnensamen hatten nicht gelitten) fest und empfiehlt deshalb nur 50—75 g/qm 10—15 Tage vor der Aussaat.

Uspulun wurde u. a. erfolgreich angewendet gegen *Cladosporium cucumerinum* (0,5%)[2]), *Rhizoctonia*[3]), Rübenwurzelbrand (*Phoma betae, Pythium debaryanum*) (1 : 400 oder 75 g/20 l)[4]), Tomatenkrebs[5]), Salatfäule[6]), *Ps. tumefaciens* (Bodenbehandlung von Aussaatbeeten, 10 l/qm 0,25—0,50%)[7]), Wurzelrost bei Blumenpflanzen.[8])

δ) **Germisan** (Zyanmerkuricresolnatrium)

Germisan wirkte befriedigend gegen Kohlhernie (in 0,25—0,1%iger Lösung 3—10 Tage vor der Auspflanzung)[9]), *Pythium debaryanum* an Gurken, *Sclerotinia minor* an Salat und *Rhizoctonia violacea* an Mohrrüben.[10])

## 7. Gasförmige organische Verbindungen

α) **Formaldehyd** (Formalin)

Eines der kräftigsten und besten Mittel zur Entseuchung wertvoller pilzbefallener Böden in Saatkästen und Gewächshäusern. Verbindung hinterläßt keine nachteiligen Rückstände und wirkt nicht verändernd auf die chemischen und physikalischen Verhältnisse des Bodens. Andererseits hat es eine beschränkte Tiefenwirkung und bringt starke Bodennässung mit sich. Gegen Nematoden und *Botrytis* wirkt Formaldehyd nicht. Während man früher 50—200 ccm Formalin je qm verabreichte, werden neuerdings erhöhte Mengen bevorzugt. Verwendung

[1]) Staehelin et Porchet, s. S. 157[7]).

[2]) Dijkstra, G. K., Proeven ter bestrijding van *Cladosporium cucumerinum* in bak. komkommers. Tijdschr. Plantenziekten **39**, 1933, 21—37.

[3]) Baudys, E., Studium des Pilzes *Rhizoctonia violacea*. Verlautbarung Deutsch. Stat. d. mährischen Landeskulturrates Nr. 20, 1929 u. Mitt. tschechosl. Akad. Landw. **5**, 1929, Nr. 8; Rosen, H. R., The control of damping-off of cotton seedling by the use of Uspulun. Sci. **60**, 1924, 384; Clayton, s. S. 169[7]); May, C., and Young, H. C., Control of damping off in coniferous seedbeds. Ohio Agr. Exp. St., Bimthly. Bull. **12**, 1927, 45—47; Wiant, s. S. 169[7]) u. S. 157[1]); Thomas, s. S. 168[5]).

[4]) Coans, G. H., and Stewart, D., Prevention of seedling diseases of sugar beets. Phytopath. **17**, 1927, 259—296; Thomas, s. S. 168[5]); Jørgensen, s. S. 161[6]).

[5]) Ludwigs, K., Behandlung von Tomatenstauden mit Uspulun. Obst- u. Gemüsebau **74**, 1928, 109; Kotte, W., Bakterienkrebs der Tomate. Nachr. üb. Schädlingsbekpfg. **5**, 1930, 18; Liesau, s. S. 143[2]); Thomas, s. S. 168[5]).

[6]) Krauß, Wie verhindert man das Auftreten der Salatfäule? Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 113; Flachs, s. S. 158[5]).

[7]) Kordes, H., Neue Ergebnisse über die Entwicklung des Erregers der Mauke an Reben und des Wurzelkropfes der Obstbäume und deren Bekämpfung. Nachr. üb. Schädlingsbekpfg. **7**, 1932, 59—66; Oppenheimer, H. R., Verhütung des Wurzelkropfes der Obstbäume durch Uspulun. Das. **1**, 1926, 7—9; Bouman, A. M., Bestrijding van bakterielle wortelknobbels bij appel en peer. Tijdschr. Plantenziekt. **39**, 1933, 217—224.

[8]) Schoevers, T. A. C., Versl. Meded. Plantenziekt. Dienst 1928. **58**, 1929, 30.

[9]) Jørgensen, s. S. 161[6]).

[10]) Maas, J., Germisan gegen den Vermehrungspilz. Gartenwelt **31**, 1927, 179 u. **32**, 1928, 351; Flachs, s. S. 158[5]); Baudys, s.[3]); Flachs und Kronberger, s. S. 156[1]); Jørgensen, s. S. 161[6]).

nach Quanjer[1]): je qm ½ l von 40%igem Formalin des Handels aufgelöst in 6 l Wasser von 50° C; nach Gerritsen und Mitarbeitern[2]) in Blumenzwiebelgebieten: ¼—½ l von 30%igem Formalin in 2½—5 l Wasser, und nach Versuchsanstalt Cheshunt[3]): bei zweimaliger Behandlung je 30 ccm in 15 l Wasser.

In Amerika schwankt nach Newhall und Chupp[4]) das Mischungsverhältnis des gehandelten Formalins mit Wasser zwischen 1 : 42 und 1 : 400; bevorzugt werden die Lösungen 1 : 100 (42 l/qm) und 1 : 50 (21 l/qm). Andere Vorschläge gehen dahin, den Wassergehalt des Bodens, der jeweilig zu bestimmen ist, zu berücksichtigen und entsprechend mehr oder weniger stärkere Lösungen zu verabreichen oder überhaupt zunächst stärkere Lösungen (1 : 16, 1 : 25, 1 : 33) anzuwenden (bei 1 : 24 etwa 12 l/qm) und darauf auf die gewünschte Verdünnung (1 : 50 oder 1 : 100) nachzuwässern. Staehelin[5]) bezeichnet eine allmähliche Überbrausung des Bodens mit 40 l/qm einer 0,5%igen Lösung als wirksamer als die Verabreichung von 10 l/qm einer 1—2%igen Lösung.

Nimmt der Boden die benötigte Wassermenge auf einmal nicht auf, so muß die Behandlung in etwa ½ stündigem Abstand fortgesetzt werden. Kleinere Erdmengen in Töpfen, auf Pikierbrettern u. a. können in die Lösung untergetaucht und feststehende Tische und Pfähle damit begossen werden.

Der zu behandelnde Boden soll feucht aber nicht zu naß sein. Im letzteren Falle kann das Verfahren infolge zu starker Verdünnung an Wirkung einbüßen. Auf sehr trocknem und hartem Boden dringt die Lösung nicht befriedigend ein; außerdem sind zahlreiche Pilze bei trockenem Bodenzustand viel schwieriger zu bekämpfen als bei feuchtem. Sehr schwere Böden sind auf jeden Fall vorher gründlich zu bearbeiten und mit organischem Dünger oder Torf (2 kg/qm) zu vermischen.

Nach der Behandlung wird der feuchte Boden zwecks besserer Tiefenwirkung für 1—2 Tage mit Erde, geteerten Zelttüchern, starker Pappe oder Ölpapier bedeckt und nach weiteren 2 Tagen zur gründlichen Entlüftung gut umgearbeitet. Samen können nach 7—10 Tagen, Pflanzen nach 10—14 Tagen eingebracht werden. Das Verfahren, das bei sorgfältiger Durchführung Wachstums- und Ertragssteigerungen zur Folge hat[6]), kann auch im Herbst durchgeführt werden.

Die Erwägung, durch eine frühere Bepflanzung des Bodens die fungizide Wirkung des nicht völlig verschwundenen Formaldehyds auf die eingebrachten Samen auszunutzen, scheitert daran, daß der jeweils vorhandene Fungizidgehalt nicht exakt bestimmt und damit ein nachteiliger Einfluß auf die Keimung nicht

---

[1]) Quanjer, H. M., en Slagter, N., De roest- of schurftziekte van de selderieknol. Tijdschr. Plantenziekt. **20**, 1914, 13.

[2]) Gerritsen, F. C., Hissink, D. J., Volkersz, K., en Zijlstra, K., Een onderzoek naar de oorzaken en de bestrijding van het zgn. van den wortel gaan van narcissen en hyacinthen. Versl. landbouwkund. onderzoekingen Rijkslandbouwproefstat. **32**, 1927.

[3]) Ann. Rep. Exp. and Res. Stat. Cheshunt 1917—1930.

[4]) Newhall and Chupp, s. S. 132[1]), 44—48.

[5]) Staehelin et Porchet, s. S. 157[7]), 788.

[6]) Jones, L. R., The damping-off of coniferous seedlings. Vermont Exp. Stat. Rep. **20**. 1906/07, 342—347; Russel, E. J., and Petherbridge, E. F., Investigations on „sickness" in soil. Jl. Agr. Sci. **5**, 1912, 86—111; Spaulding, s. S. 157[3]); Selby and Humbert, s. S. 143[2]); Ludwigs, s. S. 172[5]); Korff und Böning, s. S. 155[1]), 50 u. 65.

ausgeschaltet werden kann. Für in Vegetation befindliche Pflanzen ist Formalin nicht brauchbar.

Auf einem zur Hälfte aus Sand bestehenden Boden soll das Verfahren auf Blumensämlinge von ausgezeichneter Wirkung sein. Wartezeit bis zur Aussaat 12—24 Stunden.[1])

Erfolgreiche Formalinentseuchungen wurden durchgeführt gegen *Pseudomonas tabaci* (40% im Verhältnis 1 : 50, 22—25 l/qm)[2]), *Cladosporium cucumerinum* (0,4% 10—15 l/1,2 qm)[3]), *Urocystis cepulae* in Zwiebelbeeten[4]), *Thielavia basicola* an Tabak (1% 25 l/qm)[5]), Wurzelbrand (0,5 und 1% oder 250 g/10 l)[6]), *Fusarium dianthi* in Nelkenbeeten (0,3% 2 mal 10—12 l)[7]), *Phymatotrichum omnivorum* an Luzerne und Baumwolle[8]), *Rhizoctonia violacea* (0,5%)[9]), *Rhizoctonia*[10]), *Sclerotinia*[11]) an Sellerie und Salatpflanzen (0,3 bzw. 0,4% 50 l/qm), *Plasmopara*

---

[1]) Gutermann, F., and Massey, L. M., A liquid formaldehyd treatment to control damping-off of flower seedlings. Phytopath. **25**, 1935, 18.

[2]) Berthold, s. S. 140[2]).

[3]) Muyzenberg, E. W. B. v., Onderzoek over *Cladosporium cucumerinum*. Tijdschr. Plantenziekt. **38**, 1932, 81—118; Dijkstra, s. S. 172[3]).

[4]) Stone, s. S. 155[3]); Taubenhaus, s. S. 143[2]); Walker, J. C., Experim. upon formaldehyde-drip control of onion smut. Phytopath. **10**, 1920, 323—327; Ders., Onion disease and their control. U. S. Farmers' Bull. **1060**, 1931; Whitehead, T., Experim. on the control of onion smut. Jl. Min. Agr. **28**, 1921, 443—450; Gregory, C. T., The relation of rain to the formaldehyde treatment of onion smut. Phytopath. **12**, 1922, 155; Anderson, P. J., The relation of soil moisture to formaldehyde injury of onion seedlings. Phytopath. **13**, 1923, 392—403; Anderson, P. J., and Osmun, A. V., An improved formaldehyde tank for the onion drill. Phytopath. **13**, 1923, 161; Anderson, P. J., The smut disease of onions. Massach. Agr. Exp. St., Bull. **221**, 1924; Zillig, H., Unsere heutigen Kenntnisse vom Zwiebelbrand und seine Bekämpfung. Zentralbl. Bakt. II, **60**, 1923, 50—58 u. Prov.-sächs. Monatsschr. f. Wein-, Obst- u. Gartenbau **25**, 1924, 113—120.

[5]) Clinton, G. P., Root-rot of tobacco. Rep. Connecticut 1906. 1907, 342—368; Gilbert, s. S. 144[2]); Major, T. G., Soil treatment with various disinfectants. Sci. Agr. **6**, 1926, 283—285; Perrin, O., et Osman, A., Lutte contre les ennemis du tabac. Rev. techn. du monopole des tabacs **1**, 1928, 27—29.

[6]) Jones, s. S. 173[6]); May and Young, s. S. 172[3]); Jørgensen, s. S. 161[6]).

[7]) Delacroix, G., Sur la maladie des oeillets, produite par le *Fusarium dianthi*. C. R. Acad. Sc. **131**, 1900, 961—963.

[8]) King, C. J., Habits of the cotton root-rot fungus. Jl. Agr. Res. **26**, 1923, 405—418; King, C. J., and Loomis, H. J., Cotton root-rot investigations in Arizona. Jl. Agr. Res. **39**, 1929, 199—221; Ezekiel, W. N., and Taubenhaus, J. J., Comparing soil fungicide with special reference to *Phymatotrichum omnivorum* root-rot. Phytopathol. **24**, 1934, 8.

[9]) Flachs, K., Wurzelhalsfäule an Salatpflänzchen. Obst- und Gemüsebau **73**, 1927. 103—104.

[10]) Selby, s. S. 144[2]); Avrekar and Shaw, Mem. Dep. Agr. India 1915; Hartley and Pierce, s. S. 144[2]); Peltier, s. S. 144[2]); Gloyer and Glasgow, Bull. **513**, s. S. 169[7]); Gratz, s. S. 144[2]); Beach, W. S., Formaldehyde and other disinfectants in the control of lettuce diseases. Pennsylv. St., Bull. **202**, 1926, 3—28 (s. a. Phytopathol. **14**, 1924, 28, 29); Clayton, s. S. 169[7]); Small, s. S. 144[2]); Teng, S. C., The Rhizoctonosis of Lobelia. Phytopath. **19**, 1929, 585; Jørgensen, s. S. 161[6]).

[11]) Poole, R. F., Celery disease investigations. 42. Ann. Rep. N. Jers. St. Agr. Exp. St. 1922, 461—462; Krout, W. S., Control of lettuce drop by the use of formaldehyde. Jl. Agr. Res. **23**, 1923, 645—654; Leach, J. G., and Gilbert, H. C., Diseases of head lettuce in Minnesota. Agr. Exp. St. Div. Plant. Path. and Bot., Spec. Bull. **106**, 1926; Flachs, s. [9]).

*cubensis* an Gurken (2 l auf 100 l Wasser)[1]) sowie überhaupt gegen Vermehrungspilze (1—2%, 5 l/qm).[2])

Mehr oder weniger versagt hat die Formolbehandlung gegen *Phymatotrichum omnivorum*[3]), *Fusarium martii phaseoli*[4]), Kartoffelschorf[5]), *Colletotrichum tabificum*[6]), Kohlhernie[7]) und Kartoffelkrebs.[8]) Gegen Kartoffelkrebs war die Anwendung von 300 l/a einer 1—2%igen Lösung mit unmittelbar darauffolgender Einpressung von Dampf während 30—40 Minuten erfolgreich.[9])

Behandlungen gegen tierische Schädlinge blieben bisher ohne praktische Folgen, obwohl sie auf *Heterodera schachtii*[10]) nachteiliger wirken als Schwefelkohlenstoff. Gegenüber *Heterodera radicicola*[11]) liegen günstige Versuchsergebnisse vor.

---

[1]) Hollrung, s. S. 156[9]), 313.

[2]) Gifford, s. S. 141[8]); Johnson, J., *Pythium debaryanum* und *Rhizoctonia sp.* Ursachen d. damping-off usw. Agr. Exp. St. Wisconsin Res., Bull. **31**, 1914, 29—61; Höstermann und Noack, Lehrbuch der pilzparasitären Pflanzenkrankheiten. 1923, 6; Klebahn, H., Krankheiten des Sellerie, Flugbl. d. Biolog. Reichsanst. **83**, 1927; Masalab, N. A., The use of formalin in controlling the fungus diseases of young tobacco plants in hotbeds. Zap. Gosud, Nikitsk. Opytn. Bot. Sada **15**, 1930, 39—62; Jørgensen, s. S. 161[6]).

[3]) King, C. J., and Hoppe, C., Distributions of the cotton root-rot fungus in soil and in plant tissues in relation to control by disinfectants. Jl. Agr. Res. **45**, 1932, 725—740.

[4]) Burkholder, W. H., The dry root-rot of the bean. Corn. Univ. Agr. Exp. St. Memoir. **26**, 1919.

[5]) Halsted, B. D., Experiments with potatoes. 18. Ann. Rep. Exp. St., N. Jers. 1898, 276—294 u. 20. Rep. 1900, 326—345; Appel und Schlumberger, s. S. 154[1]); Brown, s. S. 169[7]).

[6]) Exper. a. Res. St. Cheshunt, Ann. Rep. **9**, 1923, 8—65.

[7]) Appel und Schlumberger, Versuche zur Bekämpfung der Kohlhernie. Mitt. d. Biolog. Reichsanst. H. **14**, 1913, 18—19 u. H. **15**, 1914, 13—15; Hammarlund, C., Några försök med klumprotsjuka *(Plasmod. brass.)* å kålväxter. Meddel. Centralanst. försök jordbruko mr. Nr. 106, 1915; Müller-Thurgau und Osterwalder, s. S. 156[4]); Schaffnit und Lüstner, s. S. 157[5]); Bremer, 1924, s. S. 140[6]) u. 1934, s. S. 166[6]); Blunck, H., Vergleichende Prüfung chemischer Mittel gegen Kohlhernie. Gartenbauwiss. **1**, 1929, 162; Flachs und Kronberger, s. S. 156[1]); Honig, s. S. 161[5]) (hier weitere Literatur); Jørgensen, s. S. 161[6]).

[8]) Eriksson, J., Wart disease of potatoes. Jl. Bd. Agr. **21**, 1914/15, 135 u. 1126—1128, Landtbruks-Acad. Handlingar och Tidskrift Nr. 6, 1913; Spieckermann, s. S. 154[7]); Hammarlund, C., Bot. avdelningen Nr. 111, 1915; Schaffnit und Voß, s. S. 154[4]); Schaffnit, s. S. 154[3]); Lyman, Kunkel und Orton, s. S. 168[9]); Rothamsted Exp. St., s. S. 144[1]); Roach, Glynne, Brierley and Crowther, s. S. 154[6]); Hunt, O'Donnel and Marshall, s. S. 144[2]); Ducomet et Foëx, s. S. 168[9]) u. Essais effectués en 1927. C. R. Acad. Agr. France **14**, 1928, 422; Köck, G., Ein Versuch zur Vernichtung des Kartoffelkrebses durch Bodendesinfektion. Österr. Z. f. Kartoffelbau Nr. 3, 1927 u. Nr. 4, 1928, s. a. S. 154[4]); Botjes, J. O., Bodemontsmetting ter bestrijding van de Aardappelwratziekte. Tijdschr. Plantenziekten **36**, 1930, 17—22.

[9]) Lyman, Kunkel und Orton, s. S. 168[9]); Hunt, O'Donnel and Marshall, s. S. 144[2]).

[10]) Müller und Molz, s. S. 166[10]); Baunacke, s. S. 134[2]), 205.

[11]) Schoevers, 1918, s. S. 159[9]), 85; Matthews, D. J., Cheshunt Res. St., 6. Ann. Rep. 1921, 47—50; Zimmerly and Spencer, s. S. 142[5]); Watson, s. S. 160[1]); Landgraf, T., Wurzelälchen an Gewächshaus-Begonien. Gartenwelt **32**, 1928, 354—358; Schwartz, 1930, s. S. 145[1]).

β) **Paraformaldehyd** (Trioxymethylen, *formaldehyde dust*)

Es wird empfohlen[1]), das Mittel mit Boden gemischt (je nach Bodenart 140 bis 340 g eines 6%igen Formaldehyd auf 36 l) anzuwenden oder ungemischt auszubreiten und in 8—10 cm Tiefe unterzuhacken zur Entseuchung der Frühbeete von *Pythium debaryanum, Sclerotium delphini, Fusarium lycopersici* und *Rhizoctonia solani* sowie von Nematoden. Gegen letztere sind 450 g auf 36 l eines von Fäulnisbestandteilen gereinigten Bodens erforderlich. (Auspflanzung von Selleriesetzlingen in behandeltem Boden nach 48, sicherer — besonders in Mineralboden — nach 72 Stunden.) Nach der Behandlung zeigten *Campanula, Petunia,* Salat und Rüben oft Schäden. Auf warmem und trocknem Boden entweichen die Formaldehyddämpfe rascher als auf kaltem und nassem.

γ) **Blausäureverbindungen**

1. Natrium- und Kaliumzyanid. Obwohl Blausäure[2]) für Tiere und Pflanzen viel giftiger als Schwefelkohlenstoff ist, hat sie als Bodenentseuchungsmittel keine so überragende Bedeutung erlangt wie letzterer.

Hauptnachteile der Blausäure sind: Spezifische Leichtigkeit des Gases (es wirkt gewissermaßen von unten nach oben und muß bei benötigter Tiefenwirkung in die entsprechende Tiefe gebracht oder durch Bedeckung mit Packpapier oder dergleichen dort gehalten werden), hohe Löslichkeit in Wasser und Adsorption durch tonhaltige Bodenbestandteile, hohe Empfindlichkeit der lebenden Pflanzenwurzeln gegen in Wasser gelöste Säurespuren.

Hauptvorteile sind: Hohes Durchdringungsvermögen des Gases, leichte Art der Anwendung (mit Hilfe der leicht zersetzlichen Kalium- und Natriumsalze), schnelle Giftwirkung und — mit Bezug auf nachfolgende Kulturen — rasche chemische Veränderung. Behandelte Flächen können nach 2—6 Wochen besät oder bepflanzt werden. In den mit Blausäure behandelten Böden wird das Pflanzenwachstum auffällig begünstigt, besonders bei Zugabe von Ammoniumsulfat.

Hauptbedingungen ihrer Anwendung sind: Möglichst örtliche Verabreichung auf trockenen durchlässigen Böden bei nicht zu niedriger Temperatur und zwar — in Rücksicht auf Pflanzenkulturen — tunlichst in den Abendstunden.

---

[1]) Alexander, Young and Kiger, s. S. 168[5]); Tilford, P. E., Control of damping-off of flower seedlings. Ohio St., Bimthly. Bull. **152**, 1931, 167—175; Wilson, J. D., The use of formaldehyde dust in growing celery seedlings. Ohio St., Bimthly. Bull. **159**, 1932, 198—204; Wilson, J. D., and Tilford, P. E., The use of formaldehyde dust in growing seedlings. Ohio St., Bull. **520**, 1933, 40 S.; Newton, W., and Bosher, J. E., The tomato root-knot disease. Sci. Agr. **13**, 1933, 594—595.

[2]) Mamelle, Th., Sur l'emploi du cyanure de potassium comme insecticide souterrain. C. R. Acad. Paris **150**, 1910, 50—52; Hyslop, J. A., Soil fumigation. Jl. Ec. Ent. **7**, 1914, 305—312; De Ong, E. R., Hydrocyanic acid gas as a soil fumigant. Jl. Agr. Res. **11**, 1917, 421—436; Andres, A., und Müller, A., Ein einfaches Verfahren der Blausäureentwicklung aus Zyannatriumlösungen und seine Verwendung zur Bekämpfung schädlicher Insekten. Z. angew. Ent. **6**, 1920, 372—389; Peterson, A., A prelim. rep. on the use of sodium cyanide for the control of the peach-tree borer *(Sannin. exit.)*. Jl. Ec. Ent. **13**, 1920, 201 bis 207; Davis, s. S. 158[1]); Melander, A. L., Div. Ent. 32. Ann. Rep. Wash. Agr. Exp. St., Bull. **175**, 1922, 21—25; Fant, Moore and Peterson, s. S. 153[1]); Muir, F., and Swezey, O. H., Ent., Rep. Comm. Exp. St. Hawaii Sugar Pl. Assoc. 1924/25, 1926, 12—23.

Die Zyansalze werden entweder in Erdlöcher gegeben (15—20 g/qm; Mamelle) oder als trockene Gemische untergepflügt (74—76% Natriumzyanid von 98—99% Reinheit, 16—24% Kaliumchlorid, 2—8% indifferente Stoffe, 135—765 kg/0,4 ha; Hyslop) oder in wäßriger Lösung verabreicht (70 kg auf 3500 l Wasser/0,4 ha; Davis).

Gegen Bodenpilze (Russel), Kartoffelkrebs und Kohlhernie (Schaffnit) erwiesen sich Bodenbehandlungen mit Zyannatrium als unwirksam.

Bei Vorbehandlung mit 500—1000 g/10 qm gegen die Stockkrankheit des Roggens war nach Rump[1]) eine große Anzahl Pflanzen erkrankt. Schaffnit[2]) hatte mit 50 g/qm überraschend günstige Ergebnisse gegen *Tylenchus dipsaci;* (Aussaat von Sommerroggen nach 2 Wochen). Gegen *Heterodera radicicola*[3]) ergab Anwendung von 13,5, 27,0 und 40,5 kg Zyannatrium je a mit nachfolgender Bewässerung und Verabreichung von 20, 40 und 60 kg Ammoniumsulfat eine vorübergehende Vernichtung (Robson), meist jedoch nur eine Verminderung. Bei zweimaliger Behandlung des Bodens mit 22,5 g/qm Zyannatrium und 15 l Wasser erreichte Duruz im Gewächshaus eine weitgehende Entseuchung.

Befriedigend verliefen Bodenentseuchungen gegen Tausendfüße[4]) in Gewächshausbeeten mit 67,5 kg/0,4 ha, in Furchen gegeben und zugedeckt gegen die Schabe *Pycnoscelus surinamensis*[5]) mit 0,1 g Zyannatrium in 100 ccm Wasser auf 400 ccm Erde (im Topf) und gegen *Gryllotalpinen*[6]) mit 28 g in 3,8 l Wasser.

Mit 2%iger Lösung wurden Larven von *Euxoa segetum*[7]), ferner in örtlicher Behandlung mit 21 g in 72 l Wasser alle Larven von *Crambus hortuellus*[8]) restlos vernichtet. Bei 5—10 jährigen Bäumen sind Larven von *Sanninoida exitiosa*[9]) bei Verabreichung von gekörneltem und aufgelöstem Salz zu 75—90% getötet worden.

Bei Durchgasung eines mit Puppen von *Epochra canadensis* durchsetzten Bodens mittels Zyankalium gingen diese nach Severin[10]) zugrunde, doch entblätterten Ribespflanzen.

---

[1]) Schaffnit, s. S. 154[3]) u. Z. Pflanzenkrankh. **30**, 1920, 59; Russel, 1920, s. S. 143[1]); Rump, L., Zur Bekämpfung der Stockkrankheit des Roggens. Deutsch. Landw. Presse **50**, 1923, 311.

[2]) Schaffnit und Lüstner, 1920, s. S. 157[5]).

[3]) Kühn, s. S. 155[7]), 88; Duruz, W. P., A study of the root-nematode *(Het. radic.)* and its control. Soil Sci. **4**, 1917, 481—492; Byars, L. P., Experiments on the control of the root-knot nematode *Het. radic.* 1. The use of hydrocyanid-acid gas in loam soil in the field. Phytopathol. **9**, 1919, 93—103; Watson, J. R., Flor. Agr. Exp. St., Bull. **151**, 1919, 211 u. 1920/21, s. a. S. 160[1]); Robson, R., Root-knot disease of tomatoes. Jl. Hort. Soc. **44**, 1919, 31—51.

[4]) Horsfall, J. L., and Eyer, J. R., Prelim. notes on control of millipedes under sash. Jl. Ec. Ent. **14**, 1921, 269—272.

[5]) Doucette, C. F., and Smith, F. F., Control experiments on the surinam cock-roach *(Pycnoscelus surinamensis)*. Jl. Ec. Ent. **19**, 1926, 650—656.

[6]) Watson, J. R., Mole crickets. Florida Agr. Exp. St., Press. Bull. **372**, 1925.

[7]) Straňák, F., Uzel, J., Baudyš, E., u. a., Zprávao chorobách a škůdcich rostlin kulturnich Čechách za rok 1918. Zemědelský Arch. Prag 1920, 80—96, 195—202.

[8]) Beckwith, C. G., Cranberry investigations. Rep. N. Jers. Agr. Exp. St. 1920, 447 bis 459.

[9]) Peterson, s. S. 176[3]).

[10]) Severin, H. H. P., Fruit flies of economic importance in Calif. Currant fruit fly *(Epochra canadensis)*. Mthly. Bull. Cal. St. Comm. Hort. **7**, 1918, 201—206.

Gegen Larven von Melolonthinen *(Lepidoderma*[1]*), Popillia*[2]*), Melolontha*[3]*), Anomala*[4]*), Lachnosterna*[5]*))* und Elateriden[6]) sicher wirkende Insektizidmengen vernichten auch die Pflanzen. Die Alkalisalze der Blausäure wirkten auch gegen Rüsselkäferlarven[7]) schlechter als Schwefelkohlenstoff.

Die Unbrauchbarkeit schwacher Lösungen zur radikalen Entseuchung von reblausverseuchten Rebstöcken[8]) ist seit Mouillefert wiederholt bestätigt worden. Dasselbe trifft für die Bekämpfung der Blutlaus an den Wurzeln von Apfelbäumen zu.[9]) Mit 3 ‰ Wässerung sollen auf gut getrocknetem Boden Wurzeln des Kaffeebaumes (je Pflanze 7½ l) von wurzelbewohnenden Cocciden *(Geococcus, Rhizoecus, Pseudococcus)*[10]) gereinigt worden sein.

2. Kalziumzyanid (Zyanogas, Kalzid)[11]). Hauptvorzug des im flockigen *(flakes)*, körnigen *(granular)*, und staubförmigen *(dust)* Zustand in den Handel kommenden Mischsalzes ist die allmähliche Entwicklung von Blausäuregas unter Einwirkung der Luft- und Bodenfeuchtigkeit. Bei Entbehrlichkeit der Bewässerung wird Verfahren vereinfacht und die pflanzenschädliche Einwirkung des blausäurehaltigen Bodenwassers gemindert. Gegenüber Schwefelkohlenstoff ist Verbindung besonders gut auf Lehmboden, weniger gut auf leicht durchlässigem Boden brauchbar.

Die mit Bewässerung verknüpfte nasse Anwendung des Kalziumzyanids wurde begreiflicherweise wenig untersucht.

---

[1]) Jarvis, E., Combatting the cane beetle. Queensl. Agr. Jl. **5**, 1916, 280—281.

[2]) Goodwin, W. H., Jap. flower beetle. Jl. Ec. Ent. **12**, 1919, 247—252; Davis, s. S. 158[1]); Leach, B. R., and Thomson, J. W., A control for jap. beetle larvae in golf greens. Jl. Ec. Ent. **16**, 1923, 312—314; Fleming, W. E., The comparative value of carbon disulphide and other organic compounds as soil insecticides for the control of the jap. beetle. N. Jers. Agr. Exp. St., Bull. **410**, 1925; Ders., Water and water solutions of organic compounds as dips for the soil of potted plants infested with jap. beetle. Jl. Agr. Res. **33**, 1926, 821—828.

[3]) Faes, H., et Tonduz, Rapport 1923. Ann. Agr. Suisse **25**, 1924, 383—390.

[4]) Zappe, M. P., and Garman, P., Tests of insecticides for the control of the asiatic beetle *(Anomala orientalis)*. Connect. Agr. Exp. St., Bull. **265**, 1925, 294—299; Britton, W. E., A new pest of lawn. Connect. Agr. Exp. St., Bull. Immed. Inf. **52**, 1925, 25—28.

[5]) Hinds, W. E., Rep. Entom. 31. Ann. Rep. Alabama Agr. Exp. St. 1919, 27—29; Wolcott, G. N., Inform. annual Div. Ent. Inf. An. Estacion Exp. Ins. Rio Piedras, Puerto Rico 1922, 55—60.

[6]) Hyslop, s. S. 176[2]); Peterson, A., Soil-infesting insect investigations. N. Jers. Agr. Exp. St. 1918, 469—479; Melander, s. S. 162[2]).

[7]) Melander, A. L., Miscellaneous pests and their control. 34. Ann. Rep. Wash. Agr. Exp. St. 1923/24, Bull. **187**, 1924, 46—52.

[8]) Cornu et Mouillefert, s. S. 156[3]), 71; Dewitz, J., Neuere Bekämpfungsversuche gegen die Reblaus. Mitt. üb. Weinbau u. Kellerwirtschaft **26**, 1914, 149; Faes, H., et Staehelin, M., L'utilisation des gaz toxiques dans la lutte contre les insectes nuisibles. Ann. Agr. Suisse **24**, 1923, 29—31.

[9]) Schoeve, W. J., Notes on woolly aphis studies. Va. St. Crop. Pest. Comm., Quartl. Bull. **4**, 1922, 7.

[10]) Pickel, B., Alguns parasitos radicicolas de cafeeiro em Pernambuco. Chacaras e Quintaes **37**, 1928, 369—370.

[11]) Libes, Progr. Agr. et Vitic. Nr. 31, 1926; Goffart, H., Die Verwendung von Calciumcyanid in der Schädlingsbekämpfung. Anz. f. Schädlingskunde **3**, 1927, 128—132; Miles, s. S. 155[10]), 23—28; Regnier, R., De l'emploi du cyanure de calcium comme insecticide en France. 4. Intern. Congr. Ent. Ithaca, N. Y. 1928, 87—89.

Im trockenen Zustand wird Kalziumzyanid bei Vorbehandlung ausgestreut und untergeackert oder mit besonderen Drillmaschinen oder dem Pflug angehängtem Dosierungsbehälter in die Furche gebracht.[1]) Bei Kulturalbehandlung wird das Gift in offene oder geschlossene Erdlöcher in Nähe der Pflanzen verteilt.

Zur Bekämpfung von Nematoden[2]) kann Kalziumzyanid höchstens für schwachverseuchte kleine Flächen empfohlen werden. Goffart vermißte gegen Rübennematoden in Topf- und Freilandversuchen selbst bei Verabreichung von 200 g/qm jede Wirkung. Während in Wasserkultur 0,1% Kalziumzyanidlösungen schädigen, ergibt eine 1%ige Lösung einen wirklich nachhaltigen Erfolg. Nach Hodson und Gibson waren Mengen von 1700—2250 kg/ha für *Tylenchus dipsaci*, dagegen nicht für *Heterodera schachtii* schädlich. Miles und Turner erzielten gegen *Heterodera radicicola* bei einer Herbstbehandlung eines starkverseuchten Bodens mit 850—2250 kg Kalziumzyanid je ha 90%, im Frühjahr bei einer Bodentemperatur von 8—9$^0$ mit 1350 kg/ha 96—99% befallsfreie Tomaten.

Ähnliche Ergebnisse hatte u. a. Thorne; mit 360—720 kg/0,4 ha wurden bis zu 20 cm Tiefe alle, von 23—36 cm etwa die Hälfte und unterhalb von 36 cm keine Nematoden abgetötet. Bei den tieferwurzelnden Gurken waren die Erfolge noch ungünstiger. Auf einem von *Heterodera schachtii* verseuchten Feld, das 254 kg/0,4 ha Kalziumzyanid erhielt, wurden an Kartoffeln geerntet 2400 kg, bei Verabreichung von 508 kg/0,4 ha 3000 kg, gegenüber der nichtbehandelten Parzelle mit 1000 kg (Miles u. Turner, 1928).

In Amerika und England fand Kalziumzyanid vor allem zur Bekämpfung von Drahtwürmern Verwendung. Die unmittelbare Bekämpfung[3]) trat wegen der sehr hohen Materialkosten — je ha waren 300—450 kg Insektizid erforderlich — in den Hintergrund. Wirkungsvoller und billiger wird das Verfahren, wenn die Drahtwürmer vor der Anwendung des Mittels durch Fangpflanzen (Weizen, Hafer,

[1]) American Cyanamid Co., Calciumcyanide for the control of certain insects, rodents and other pests; Jarvis, E., Cane pest combat and control. Queensl. Agr. Jl. **21**, 1924, 325—326 u. 28. Rep. Bur. Sugar Exp. St. Queensl. 1928, 14—19; Miles, H. W., and Petherbridge, F. R., Investigations on the control of wireworm. Ann. Appl. Biol. **14**, 1927, 359 bis 387; Headlee, T. J., Rep. Dep. Ent. Rep. N. Jers. Agr. Exp. St. 1929, 125—189.

[2]) Thorne, G., and Giddings, L. A., The sugar beet nematode in the western states. U. S. Dep. Agr., Farmers' Bull. **1248**, 1922, 3—16; Goffart, H., Versuche zur Bekämpfung der Rübennematoden *(Heterod. schachtii)* mit Kalziumzyanid. Arbeit. Biolog. Reichsanst. **15**, 1927, 249—260; Hodson, W. E. H., and Gibson, G. W., Some experiments with calcium cyanide as a control for plant parasitic nematodes. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 639 bis 648; Miles, s. S. 155[10]), 27; Miles, H. W., and Turner, W. H., On the control of the root knot eelworm, *Heterod. schachtii*. Jl. Helminthol. **6**, 1928, 59—76; Jones, L. H., Eradication of nematodes in greenhouse soils. Massach. St., Bull. **260**, 1930, 342—343; Thorne, s. S. 155[6]); Krishna Ayyar, s. S. 161[8]).

[3]) Lane, M. C., Simple methods of rearing wireworms *(Elateridae)*. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 578—582; Muir and Swezey, s. S. 176[2]); Spuler, A., Baiting wireworms. Jl. Ec. Ent. **18**, 1925, 703—707; Headlee, T. J., Rep. N. Jers. Agr. Exp. St. 1925, 279—349; 1926, 359—433; 1929, 125—189; Campbell, R. E., The concentration of wireworms by baits before soil fumigation with calcium-cyanide. Jl. Ec. Ent. **19**, 1926, 636—642.

Mais) geködert werden.[1]) In dieser Form eignet es sich besonders für Spezialkulturen im Gewächshaus und Freiland (nach Umbruch von Brach- und Weideland). Bei erfolgreicher Durchführung wird der Schädling für mindestens drei Jahre wirksam bekämpft. — In England wurden so bei Verwendung von 84 kg/ha im Durchschnitt über 75%, bei Verabreichung von 89—137 kg/ha 95 und 96% und bei 140—153 kg/ha 98 und 100% Drahtwürmer vernichtet.

Zur Bekämpfung von *Lepidiota*-Arten[2]) an Zuckerrohr hat vor allem Jarvis viele Laboratoriums- und Feldversuche mit teilweise befriedigendem Ergebnis durchgeführt. Box vermochte mit 28 g je Wurzelstock 85% der Larven zu vernichten. Bei Bodenbehandlungen gegen *Lachnosterna*-Larven mittels Kalziumzyanid und Schwefelkohlenstoff wurden im Gegensatz zu Paradichlorbenzol Kentucky-Blaugras, Luzerne und Mais beschädigt. Gegen den Schädling genügten jedoch nur die zuerst genannten zwei Mittel.[3]) Mit 10 g je Zuckerrohrschößling wurden innerhalb von 24 Stunden 90% der Larven von *L. smithi*[4]) getötet, mit 5—8 g 50—77% und bei Vermischung von 5 g Kalziumzyanid mit trocknem Sand 73%. Gegen Larven von *Anomala orientalis*[5]) in Grasplätzen versagte Verabfolgung in Erdlöchern, während bei breitwürfiger Anwendung von 115 bis 170 g, verbunden mit Nachwässerung, alle Schädlinge eingingen und die Pflanzen litten; mittels 28—115 g/qm Cyanogas G (Kalziumzyanidgehalt 40—50%) entstanden nur leichte Grasschäden bei Vernichtung aller anwesenden Larven.

Weitere Anwendungen des Mittels: Gegen Larven von Melolonthinen, *Rhizo-*

---

[1]) Campbell, R. E., Prelim. Rep. on the use of calcium-cyanide as a soil fumigant for wireworm. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 562—567 u. s. S. 179[3]); Melander, s. S. 162[2]) u. das. 34. Ann. Rep., Bull. **187**, 1924, 46—52; Spuler s. S. 179[3]); Miles, H. W., Observations on wireworm and their control in England with cyanogas calcium-cyanide. Res. Devpmt. Cyanogas Calc. Cyanide, Sect. 5, 1926, 18—34; Ders., The control of wireworm. Agr. Prog. **4**, 1927, 11—15 u. s. S. 155[10]); Horsfall, J. L., and Thomas, C. A., A prelim. Rep. on the control of wireworms on truck crops. Jl. Ec. Ent. **19**, 1926, 181—185; Britton, W. E., 25. Rep. Ent., Conn. Agr. Exp. St., Bull. **275**, 1926, 215—330; Britton, W. E., and Anderson P. J., Tobacco insects observed in Connecticut in 1925. Conn. Agr. Exp. St., Bull. **6**, 1926, 74—93 T; 39. Ann. Rep. Pennsylv. Agr. Exp. St., Bull. **204**, 1926, 33—38; Miles and Petherbridge, s. S. 179[1]); Jarvis, E., Queensl. Agr. Jl. **28**, 1927, 114—115; Malenotti, E., Contro gli Elateridi nel Basso Piave. Atti Acad. Agr. Sc. Lett. Verona (5) **4**, 1927, 123 bis 154; Hawkins, J. H., Wireworms affecting Maine agriculture. Bull. Maine Agr. Exp. St. **343**, 1928, 20 S. u. Bull. Idaho Agr. Exp. St. **160**, 1928, 21 (Vers. nicht sehr erfolgreich).

[2]) Jarvis, E., Cane pest combat and control. Queensl. Agr. Jl. **21**, 1924, 325—326. **22**, 1924, 95—96 u. 273—275. **27**, 1927, 270—271. **29**, 1928, 107—113; Jarvis, E., and Burns, A. N., Das. **26**, 1926, 217—221; Burns, A. N., Das. **25**, 1926, 321—322; Box, H. E., Porto Rican cane grubs and their natural enemies, with suggestions for the control of lamellicorn larvae by means of wasp parasites. Jl. Dep. Agr. Porto Rico **9**, 1925, 291—356.

[3]) Injurious insects and other pests. Rep. Cansas Agr. Exp. St. 1927, 71—84.

[4]) D'Emmerez de Charmoy, D., Insect pests. Ann. Rep. Dep. Agr. Mauritius 1928, 12—13; Ders., Notes sur la destruction du *Phytalus smithi* en 1927—1928. Rev. Agr. Maurice 1929, 164—165; Repts. Control *Phytalus smithi* 1926—1929, Mauritius 1927—1929.

[5]) Zappe and Garman, s. S. 178[4]); Britton, s. S. 178[4]); Britton, W. E., and Zappe, M. P., Further notes on the asiatic beetle *(Anom. orient.)*. Connect. Agr. Exp. St., Bull. **275**, 1926, 309—312.

*trogus palens*[1]) an Zuckerrohr, *Leucopholis irrorata*[2]) ebenda, *Anodontonyx tetricus*[3]) an Hafer und Weizen und *Lamellicornier*-Larven im allgemeinen, wenn behandelte Fläche z. B. mit geteerter Dachpappe bedeckt wird.[4])

Bodenentseuchungen mit gutem Ausgang gegen Dipterenlarven bzw. -puppen wurden ausgeführt gegen *Rhagoletis pomonella* (Mundinger[13]), durch Ausstreuen und Unterhacken von gekörntem Kalziumzyanid), *Contarinia pyrivora*[5]) (durch Unterarbeiten von 14 und mehr g je 0,84 qm in 10 cm Tiefe), *Perrisia pyri*[6]) (durch Einarbeiten von 32 g/qm) und *Pegomyia hyoscyami*[7]) (zu 1‰ mit Erde gemischt); unbefriedigende Ergebnisse liegen mit 19,5 g/qm vor gegen Puppen von *Rhagoletis cerasi*.[8])

Eine der ältesten Anwendungen des Giftes richtete sich gegen die Wurzelform der Blutlaus (70 g/qm).[9]) Weniger erfolgreich verliefen Winterbehandlungen mit staubförmigem Kalziumzyanid gegen *Eriosoma pyricola*.[10]) Nach Chigarev wurden bei Vergasung der Verbindung unter einer Decke alle Stadien der Reblaus bis zu einer Tiefe von 51 cm getötet.[11])

Beim Unterpflügen von 540 kg/0,4 ha sollen alle Bodeninsekten einschließlich *Gryllotalpa*-Arten[12]) zugrunde gehen. Ferner werden im Boden befindliche *Thripse*[13]) vernichtet.

#### δ) Kalziumkarbid

Verbindung, die unter dem Einfluß der Bodenfeuchtigkeit Azethylen entwickelt, wird seit langem, bisher jedoch ohne größeren Erfolg, gegen Bodenschädlinge empfohlen. Behand-

---

1) D'Emmerez de Charmoy, D., Insect pests in Mauritius in 1928. Ann. Rep. Dep. Agr. Mauritius 1929, 6—8.

2) Uichanco, A conspectus of injurious and beneficial insects of sugar cane in the Philippines, with special reference to Luzon and Negros. 6. Ann. Conv. Philipp. Sugar Assoc., Manila 1928.

3) McCarthy, T., The wheat root grub *(Anodontonyx tetricus)*. Agr. Gaz. N. S. W. **39**, 1928, 306—313.

4) Chigarev, G., On the application of soil-mulching for the control of soil-inhabiting pests. Plant Protect. **8**, 1931, 249—256; Ders., On the method of soil disinfection in the control of Scarabaeid larvae in forestry. Plant Protect. **8**, 1931, 534—547.

5) Staniland, L. N., and Walton, C. L., Experim. on the control of pear midge *(Contarinia pyrivora)*. Rep. Agr. Hort. Res. St., Bristol 1929, 124—129.

6) Miller, D., The pear-midge. Further observations and control with calcium cyanide. N. Zealand Jl. Agr. **30**, 1925, 220—224; N. Zeal. Dep. Agr. Ann. Repts. 1924, 26 u. 1925, 32.

7) Hille Ris Lambers, D., Gegevens over biologie en bestrijding der bietenvlieg II. Meded. Inst. Suikerbietenteelt **2**, 1932, 163—214.

8) Wiesmann, s. S. 141[4]), 747.

9) Quayle, H. J., Calcium cyanide dust as an insecticide. Jl. Ec. Ent. **16**, 1923, 327 bis 328.

10) French, C., and Lewick, G. T., The pear root aphis *Eriosoma pyricola*. Jl. Dep. Agr. Vict. **23**, 1925, 684—685.

11) Chigarev, s. [4]), 249.

12) Frappa, C., Les insectes nuisibles au caféier à Madagascar. Agr. Prat. Pays chauds **2**, 1931, 245—257; Watson, s. S. 177[6]).

13) Mundinger, F. G., Experim. with calcium cyanide as an insecticide. Proc. 69. Ann. Meeting, New York St. Hort. Soc. 1924, 134—138; Miles, H. W., Thrips on orchid seedlings. Gard. Chron. **81**, 1927, 96; Forggatt, J. L., Dusting with calcium cyanide for banana thrips control. Queensl. Agr. Jl. **27**, 1927, 67—72.

lungen liegen vor gegen Reblaus und *Capnodis*[1]) (u. a. Injektion in Höhe der am tiefsten gelegenen Hauptwurzeln), gegen *Oniscus*, *Julus* und *Margarodes*[2]) (Eingraben von 70 g je Baum, etwa ½ m vom Stamm entfernt in etwa ½ m Tiefe) und gegen Maikäferengerlinge[3]) (Ausstreuen in darauf mit Erde bedeckter Pflanzfurche, auf sandigen Böden Verabreichung in 30—35 cm tiefe, 15—20 cm voneinander entfernte Löcher). Gegen Rebläuse soll Mittel bei Verwendung von 50 kg/75 qm (Hollrung) nicht, bei einer solchen von 1 kg/qm (Girardi) gut gewirkt haben[1]). Weitere Versuche verliefen ohne Erfolg gegen *Heterodera schachtii*[4]), *Tylenchus devastatrix*[5]), Drahtwürmer[6]), *Othiorrhynchus ovatus*[7]) und Kohlhernie[8]). Verhältnismäßig häufig wird Gas zur Bekämpfung von *Gryllotalpa gryllotalpa*[9]) genannt.

## 8. Chlorhaltige organische Verbindungen

### α) Tetrachlorkohlenstoff

Verbindung verflüchtigt langsamer als Schwefelkohlenstoff, hält deshalb länger an als dieser, wirkt aber nicht so toxisch.[10]) Obwohl sie teurer als Schwefelkohlenstoff ist, wird sie wegen ihrer Nichtentzündbarkeit oft bevorzugt.[11]) Als Reblausbekämpfungsmittel[12]) hat Tetrachlorkohlenstoff versagt, desgleichen gegen *Sanninoidea exitiosa*[13]), *Scutigerella immaculata* (946 l/0,4 ha)[14]) und zusammen mit Paradichlorbenzol gegen *Lepidoderma albohirta.*[15])

---

[1]) L'Arboriculture fructière dans le nord de l'Afrique. Rev. Hort. Algère **23**, 1919, 261—273; Schribaux et Chuard, Jl. Agr. prat. **1**, 1896, 795; Denkschr. üb. Bekämpfung der Reblaus f. 1899, 19; Hollrung, M., Nochmals: Azetylengas zur Bekämpfung von Schädlingen? Deutsche Landw. Presse 1900, 1041; Zschokke, A., Azetylengas zur Bekämpfung von Schädlingen. Jahresber. Obst- u. Weinbauschule Neustadt/H. 1900, 39; Girardi, J., Pulgones de los vegetales. Rev. Agric. **2**, 1916, 303—308.

[2]) Fungicidas e insecticidas mas usados para combatir las enfermedades de las plantas. Rev. Agric. **2**, 1916, 341—348.

[3]) Pée-Laby, s. S. 201[1]); Seeger, M., Die Bekämpfung des Engerlings in Pflanzenschulen mittels Azetylen. Forstarchiv 1932, 114.

[4]) Baunacke, s. S. 139[2]).

[5]) Ramsbottom, s. S. 159[10]).

[6]) Karel, s. S. 199[7]).

[7]) Melander, s. S. 200[1]).

[8]) Müller-Thurgau und Osterwalder, s. S. 156[4]) und S. 154[8]), 1922; Osterwalder, s. S. 134[1]).

[9]) Feytaud, s. S. 198[3]); Weiß, H. B., and Dickerson, E. E., The european mole cricket *(Gryllot. gryllot.)*, an introduced insect pest. Jl. N. York Ent. Soc. **26**, 1918, 18—23; Rolet, A., La destruction des courtilières. Vie Agr. Rur. **18**, 1921, 205—206.

[10]) Thiem, H., Die Prüfung von Mitteln zur direkten Bekämpfung der Reblaus. Arb. Biolog. Reichsanst. **13**, 1925, 428; Melander, s. S. 178[7]).

[11]) Pospielov, V. P., Rep. Ent. St. South-Russian Soc. Prom. Agr. f. 1912. Kiew 1913; Tarnani, J. K., Beobachtungen zur Biologie von *Melolontha*. Jl. Appl. Ent. Kiew **1**, 1917, 8—21; Grassée, P. P., Sur quelques insectes de la vigne. Prog. Agr. Vitic. **89**, 1928, 232—236, 262—265.

[12]) Rübsamen, E. H., Die Bekämpfung der Reblauskrankheit in Preußen. Z. angew. Ent. **1**, 1914, 20—49.

[13]) Blakeslee, E. B., Use of toxic gases as a possible means of control of the peach tree borer. U. S. Dep. Agr., Bull. **796**, 1919; Snapp, O. J., and Thomson, J. R., Further Experim. on the control of the peach borer on nursery stock and orchard trees. Jl. Ec. Ent. **27**, 1934, 771—779.

[14]) Michelbacher, s. S. 155[6]).

[15]) Jarvis, E., Paradichlorobenzene for combatting cane grubs. Introduction and pest history. Queensl. Agr. Jl. **29**, 1928, 97—107.

### β) Tetrachloräthan

Freilandversuche gegen *Phymatotrichum omnivorum* an Baumwolle, Ahorn, Ulme[1]) verliefen bei Anwendung von 500—1000 ccm — in Erdlöcher von 15 cm Tiefe und Abstand verabreicht — für den Pilz tödlich, führten jedoch zu schweren pflanzlichen Schädigungen; mit Tetrachloräthan vor der Bepflanzung behandelte Böden wirkten drei Monate lang entwicklungshemmend.[2])

Als Reblausbekämpfungsmittel[3]) versagte reines Tetrachloräthan. Mit 1%igen Lösungen, einschließlich solcher von Trichloräthan, wurden in Topfkulturen wurzelbewohnende *Ripersia-* und *Pemphigus*-Läuse[4]) ohne Schädigung der Pflanze vernichtet. In schwachprozentiger wasserlöslicher Emulsion (1% 10 l/qm) gehen in lehmigem Boden sämtliche Puppen und Maden von *Rhagoletis cerasi* zugrunde.[5]) Wurden 5 l Nematodenerde *(Heterodera schachtii)*[6]) mit 1 l 3%iger Gallerte (Ergetan) begossen, so gingen die Larven erst nach acht Tagen ein. In 3%iger Lösung lebten Larven in Zysten noch nach zwölf Tagen.

Über die Bedeutung von Tetrachloräthan in Verbindung mit Schwefelkohlenstoff s. S. 190, 193, 194, 202.

### γ) Chlorpikrin (Trichlornitromethan)

Wegen seiner Gefährlichkeit bisher ohne größere praktische Bedeutung, obwohl seine insektizide Wirkung vielfach die des Schwefelkohlenstoffs übertrifft und der der Blausäure nahekommt. Seine Anwendung führt bei Simultanbehandlungen leicht zu recht beträchtlichen Pflanzenschädigungen; zweckmäßig durchgeführte Prädesinfektion ist mit Wachstumsförderung der behandelten Pflanzen verbunden.[7])

Günstige Erfolge wurden erzielt bei der Bekämpfung von schädlichen Bodenpilzen, besonders *Pythium* an Zuckerrohr auf Hawai (Cook), und von Flachsmüdigkeit (Shchepetilnikovs). Die angeblich schwache fungizide Wirkung des Mittels (Boischot) dürfte auf unvorteilhafte Versuchsbedingungen zurück-

[1]) Ezekiel and Taubenhaus, s. S. 174[8]) und Field trials of Pentachlorethane, Tetrachlorethane and Xylol as affecting *Phymatotrichum* root rot and host plants. Phytopath. **25**, 1935, 16.

[2]) Vgl. auch Schwaebel, Vergleichende Versuche über Bodendesinfektion mit Schwefelkohlenstoff, Dichloräthylen, Trichloräthylen und Tetrachloräthan. Centralbl. Bakt. II, **60**, 1923, 316—318.

[3]) Börner, C., und Thiem, H., Das Vernichtungsverfahren mittels Tetrachloräthangallerte *(Ergetan)*. Mitt. Biolog. Reichsanst. H. **21**, 1921, 167—173.

[4]) Saunders, W. H., Investigations into insecticides for root mealy bug and root aphis. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 495—501.

[5]) Thiem, s. S. 160[7]), 59 u. 60; Ders., Richtlinien zur Vernichtung der Puppen der Kirschfruchtfliege durch Behandlung des Bodens. Nachrichtenbl. f. Deutschen Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 8—9.

[6]) Baunacke, s. S. 134[3]), 202.

[7]) Parker, s. S. 143[2]); Roark, R. C., Chloropikrin. U. S. Dep. Agr. Bur. Chem. Bibliog. Nr. **1**, 1926, 73 S.; Gersdorff, W. A., Supplem. to chloropicrin bibliography. Das. Nr. **1** suppl. 1930, 19 S.; Cooke, D. A., The relation of *Pythium* to growth failure on phosphate fixing soils. Rep. Assoc. Hawaiian Sug. Techn. **12**, 1933, 169—198; Shchepetilnikovs, A. M., Chlorpikrin als Mittel zur Bekämpfung von Unkräutern und Flachsmüdigkeit in Böden. Khimiz. Sotsial. Zemled 1933, 128—135; Godfrey, G. H., Control of soil fungi by soil fumigation with chloropicrin. Phytopath. **24**, 1934, 1146 u. **26**, 1936, 246 bis 296; Boischot, s. S. 141[1]), 256.

zuführen sein, zumal es sich nach Parker und Godfrey auch zur Entseuchung von Gewächshausböden eignen soll.

Befriedigende Wirkungen sind ferner vor allem gegen Nematoden beschrieben worden.[1]) Gegen *Heterodera schachtii* wurden bei Anwendung von 200, 400 und 800 l/ha Ertragssteigerungen bis zu 500% und 2% Zuckergehalt erreicht; zur Behandlung empfohlen werden 400 l/ha (Kerab und Bootovsky). Auf den günstigen Beobachtungen von Russel und Matthews aufbauend, ist die Verbindung vor allem von Godfrey und seinen Mitarbeitern gegen *Heterodera marioni* an Ananas auf Hawai zur Anwendung gelangt. Feldbehandlungen mit 146 und 180 kg/ha ergaben eine Verminderung der Nematoden von 94,5% und eine Ertragssteigerung von 26 und 31,4%; in anderen Fällen betrug bei Verabreichung von 169 und 191 kg/ha die Vernichtung der Nematoden 83 und 90% und die Ernteerhöhung 52,3% gegenüber Schwefelkohlenstoff (844 kg/ha) mit einer Nematodenreduktion von 48% und einer Ertragszunahme von 29,3% (Godfrey). Bedingungen der erfolgreichen Nematodenbekämpfung mit Chlorpikrin sind: Vollständige Zersetzung der verseucht gewesenen Wurzeln von der vorausgegangenen Ernte, gute Bodenlockerung, keine zu hohe Bodenfeuchtigkeit und Bedeckung der behandelten Flächen mit einem imprägnierten (Teer-)Mulchpapier.

Durch Chlorpikrin gingen nach Hasson sämtliche Bodenschädlinge, vor allem auch Mäuse ein.[2]) Während es bei einigen Forschern auf Engerlinge, Drahtwürmer, Erdraupen u. a. nicht wirkte[3]), hatten andere[4]) bei mehr oder weniger modifizierter Art der Anwendung befriedigende Ergebnisse. Emulsionen wurden von Marumo (Stammlösung 250 ccm Chlorpikrin, 160 ccm Wasser und 7,5 ccm Seife)

---

[1]) Matthews, D. J., Rep. on the work of the W. B. Bandall research assistant. Nurs. and Mark. Gard Ind. Dev. Soc., Exp. and Res. St., Cheshunt. Ann. Rep. **5**, 1919, 18—21. **6**, 1920, 45—51; Russel, s. S. 143[1]); Kerab, J. J., and Bootovsky, A. B., Chloropicrin as a new remedy against beet nematodes. Nauk. Zopiski Tsukr. prom. Ukrain. Nauk. Dosl. Inst. Tsukr. Prom. **9** (21—22), 1932, 149—162; Johnson, M. O., and Godfrey, G. H., Chloropicrin for nematode control. Ind. a. Eng. Chem. **24**, 1932, 311—313; Godfrey, G. H., Oliveira, J., and Hosing, H. M., Increased efficiency of chloropicrin for nematode control with better confinement of the gas. Phytopath. **24**, 1933, 1332—1346; Godfrey, G. H., Chloropicrin injurious to greenhouse plants. Sci. **77**, 1933, 583; Ders., The confinement of chloropicrin and other gases for fumigation purposes. Phytopath. **24**, 1934, 1366—1373; Ders., Experiments on the control of the root-knot nematode in the field with chloropicrin and other chemicals. Phytopath. **25**, 1935, 67—90.

[2]) Hasson, J., Bekämpfung tierischer Schädlinge durch Vergasung des Bodens. Wien. Landw. Z. **70**, 1920, 471.

[3]) Dingler, M., Über Versuche mit Sprengungen zur Engerlingsbekämpfung. Z. angew. Ent. **8**, 1922, 421—426; Wolters, s. S. 163[2]).

[4]) Tattersfield and Roberts, s. S. 153[1]); Faes, H., et Staehelin, M., La destruction du ver blanc ou larve du hanneton *(Mel. vulg.)*. Ann. Agr. Suisse **24**, 1923, 101—105; Faes et Tonduz, s. S. 178[3]); Arnaud, Expérience de destruction des vers blancs. Vie Agr. et Rur. **25**, 1924, 101—102; Gaumont, L., La lutte contre les ravageurs souterrains des plantes maraîchères. Serv. Agr. Cie. P. L. M., Paris 1927, 137—140; Marumo, N., On a method of controlling white grubs in lawns. Oyo-Dobuts-Zasshi **2**, 1930, 140; Feytaud, J., Recherches Doryphore *(Leptinot. decemlin.)*. Ann. Epiphyt. **18**, 1932, 97; Stone, M. W., and Campbell, R. E., Chloropicrin as a soil insecticide for wireworms. Jl. Ec. Ent. **26**, 1933, 237—243; Lichatschev, s. S. 199[7]); Lacroix, D. S., Tobacco insects in 1933. Bull. Conn. Agr. Exp. St. **359**, 1934, 377—382; Savchenko, E. N., und Pal'chik, P. A., Chlorpikrin als Bekämpfungsmittel gegen die Drahtwürmer. Sborn. Rab. Ent. Otd. VIMPa 1935, 122—139.

und Stone und Campbell (20 ccm Chlorpikrin, 20 ccm Seife und verschiedene Mengen Wasser) untersucht.

Gegen *Euxoa segetum* waren Bodeninjektionen erfolgreicher als Oberflächenbehandlungen.[1]) Auf Larven von *Otiorrhynchus sulcatus* wirkte Verbindung im Freiland tödlich, doch wurden die benachbarten Rebstöcke stark beschädigt.[2]) Desgleichen sind alle Entwicklungszustände von *Leptinotarsa decemlineata*[3]) und Ameisen (200 ccm je Nest)[4]) zerstört worden. Gegen *Scutigerella immaculata* war Erfolg wenig befriedigend (126 kg/0,4 ha).[5])

δ) **Paradichlorbenzol** (Globol, Paracid P. d. P., Para, Pesta)

Auf Grund erfolgreicher Versuchsergebnisse zuerst von Blakeslee (1919) zur Bekämpfung von *Sanninoidea (Aegeria) exitiosa*[6]) an Pfirsichbäumen vorgeschlagen, dann vor allem von Peterson, Essig, Snapp, Alden und Chandler

---

[1]) Fryer, J. C. F., u. a., Rep. on the occurrence of insect pests of crops in England and Wales 1920/21. Min. Agr. and Fish. **33**, 1923, 40 S.

[2]) Thiem, H., Zur Biologie und Bekämpfung des gefurchten Dickmaulrüßlers *(Otiorrhynchus sulc.)*. Z. angew. Ent. **8**, 1922, 389—402.

[3]) Feytaud, s. S. 141[1]).

[4]) Charmouze, Notice sur l'utilisation de la chloropicrine pour la destruction des fourmis manic. Ann. Méd. Pharm. Col. **26**, 1929, 460—463.

[5]) Michelbacher, s. S. 155[6]).

[6]) Blakeslee, s. S. 182[13]); Peterson, A., Some soil fumigation experiments with paradichlorobenzene for the control of the peach-tree borer, *Sanninoidea exitiosa*. Soil Sci. **11**, 1921, 305—318; Ders., Experim. with various substances for the control of the peach-tree borer, *San. exit.* Rep. N. Jers. Agr. Exp. St. 1920/21. 1922, 378—388; Ders., Paradichlorobenzene for controlling the peach-tree borer. N. Jers. Agr. Exp. St., Circ. **126**, 1921; Ders., The peach-tree borer in N. Jersey; ibid., Bull. **391**, 1923, 3—143 u. Circ. **156**, 1923, 12 S.; Essig, E. O., Paradichlorobenzene, a soil fumigant. Calif. Dep. Agr., Mthly. Bull. **11**, 1922, 28—30 u. Calif. Agr. Exp. St., Bull. **411**, 1926, 20 S.; Dutton, W. C., and Johnston, S., Dusting and spraying experiments of 1920 and 1921. Michigan Agr. Exp. St., Spec. Bull. **115**, 1922, 54 S.; Herrick, G. W., Recent experience in the control of two old pests. Proc. 68 (5.) Ann. Meeting New York St. Hort. Soc. 1923, 84—100; Parrot, P. J., Stewart, F. C., and Glasgow, H., 1922, Experim. on control of borers and leaf curl of peaches. New York, Agr. Exp. St., Circ. **64**, 1922, 7 S.; Craighead, E. M., Emergence Rec. of the peach tree borer in Pennsylv. Jl. Ec. Ent. **16**, 1923, 376—377; Snapp, O. J., and Alden, C. H., Further studies with paradichlorobenzene for peach borer control with special reference to its use on young peach trees. U. S. Dep., Bull. **1169**, 1923, 18 S. u. U. S. Dep. Agr. Ent., Techn. Bull. **58**, 1928, 39 S.; Zappe, M. P., Tests of paradichlorobenz. as a remedy for the peach-borer. Connect. Agr. Exp. St., Bull. **247**, 1923, 331—332; Snapp, O. J., Three years of paradichlorobenz. experiments in the south. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 253—259; Guyton, T. L., and Stear, J. R., Paradichlorobenz. and other controls for the peach tree borer. Pennsylv. Dep. Agr., Gen. Bull. **383**, 1924, 10 S.; Flint, W. P., The season's work of the natural history survey in the control of orchard insects. Trans. Illin. St. Hort. Soc. **59**, 1926, 239—247 u. Ent. investigations. Rep. Illin. Agr. Exp. St. **46**, 1933, 132; Chandler, S. C., Some recent developments in the use of paradichlorobenz. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 246—251; Ders., Life history studies of the peach borer in southern Illinois. Trans. Illin. St. Acad. Sci. **19**, 1926, 191—194; Ders., Suppl. control measures for the oriental fruit moth. Jl. Ec. Ent. **23**, 1930, 596—599; Magill, W. W., and Olney, A. J., The peach borer and paradichlorobenz. treatment. Ext. Circ. Coll. Agr., Kent **159**, 1928, 4 S.; Snapp, O. J., and Swingle, H. S., Results of further investigations with paradichlorobenz. around peach trees, with special reference to injury. Jl. Ec. Ent. **22**, 1929, 782—785; Snapp and Thomson, s. S. 182[13]).

empfohlen, fand Paradichlorbenzol in den Vereinigten Staaten von Amerika nach Ablauf weniger Jahre im großen Verwendung (in Georgia 1921 112 500, 1925 225 000, in Kalifornien 1925 54 000 kg).

Nach Entfernung des Graswuchses und der Steine wird Bodenoberfläche in Nähe des Stammhalses der Bäume geglättet, dann wird 4 cm vom Stamm entfernt ringsherum ein 4 cm breiter Streifen pulverisiertes Paradichlorbenzol gleichmäßig ausgestreut, sorgfältig mit frischem, nicht feuchtem Lehmboden bedeckt und angedrückt. Damit das Mittel über oberste Bohrlochreihe des Schädlings zu liegen kommt, muß gegebenenfalls Bodenoberfläche wallartig erhöht werden. Die aufgehäufelte Erde und der noch vorhandene Rest des Salzes werden nach 4 bis 6 Wochen langer Einwirkung entfernt. Da junge Pfirsichbäume viel empfindlicher als ältere sind, erhalten erstere (4—5 jährig) im allgemeinen 21 g, letztere (6 und mehrjährig) 28 g.

Die Zeit der Anwendung richtet sich nach den klimatischen Verhältnissen der Länder, im allgemeinen soll sie im Herbst mit dem Schlüpfen der Larven aus den Eiern zusammenfallen, das ist in Georgia um Mitte Oktober, in Kalifornien Ende August, Anfang September.

Während Magill und Olney 1 jährige Bäume mit 9 g und 2 jährige mit 11 g Paradichlorbenzol ohne Schädigung behandelten, gingen nach Snapp und Swingle infolge sehr hoher Oktobertemperatur viele der mit je 7 g Paradichlorbenzol versehenen Pfirsichbäume im Alter von 1—3 Jahren ein. Essig (1926) befürwortet für Baumschulen, in 1 m lange Furchen 30 g Paradichlorbenzol 5—8 cm von den Stämmchen entfernt einzustreuen.

Bei hoher Bodenfeuchtigkeit und bei Bodentemperaturen unter 12° ist Verfahren wegen zu langsamer Vergasung des Paradichlorbenzols wertlos. Unter günstigen Bedingungen verflüchtigen 14 g in 6, 21 g in 16, 28 g in 27½ Wochen. Das Mittel wirkt nach oben bis 13, nach unten bis 30 cm. Die Verwendung kleiner Mengen während längerer Einwirkung ergibt viel bessere Ergebnisse (oft bis 100%) als die Anwendung großer Gaben bei kurzer Exposition. Bodenunterschiede sind ohne Einfluß.

Das Verfahren wird auch gegen folgende Lepidopteren empfohlen: *S. opalescens* und *S. graefi*[1]) (Thompson, 1927) an Aprikose, Pfirsich, Pflaume und Kirsche, gegen *Laspeyresia molesta*[2]) an Pfirsich und Aprikose, gegen *Euzophera semifuneralis*[3]) an Kirsche und Pflaume. Zur Anwendung gelangte es ferner gegen

---

[1]) Essig, E. O., The paradichlorobenzene treatment. Jl. Ec. Ent. **15**, 1922, 178 u. s. S. 185[6]), Bull. **411**; Lathrop, J. H., and Trask, V., Further studies of prune root borer control in Oregon. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 290—295; Thompson, B. G., The peach a. prune root borer injurious to cherries. Jl. Ec. Ent. **19**, 1926, 779—780 u. s. S. 137[3]).

[2]) Peterson, A., and Stearns, L. A., A prelimin. Rep. on the oriental peach moth in N. Jers. N. Jers. Agr. Exp. St., Circ. **175**, 1925, 11 S.; Garman, P., Studies of the habits a. control of the oriental peach moth. Connect. Agr. Exp. St., Bull. **265**, 1925, 299—303. Bull. **275**, 1926, 280—286. Bull. **294**, 1928, 263—271. Bull. **313**, 1930, 401—451; Stearns, L. A., The hibernation quarters of *Laspeyresia molesta*. Jl. Ec. Ent. **20**, 1927, 185—189; Ders., The oriental fruit moth. Bim. Bull. Ohio Agr. Exp. St. **13**, 1928, 35—43; Cagle, L. R., The oriental fruit moth. Proc. 33. Ann. Mtg. Virg. St. Hort. Soc. 1929, 133—136; Chandler, 1930, s. S. 185[6]).

[3]) Peterson, s. S. 185[6]), Bull. **391**.

*Diatraea saccharalis*[1]), *Hypsa undulifera*[2]), *Euxoa radians*[3]), *Gortyna immanis* und *G. micacea*[4]) (gegen letztere 0,5 g erfolgreich). Erörtert wurde es ferner gegen *Hypopta agavis*[5]) und *H. caestrum*[6]); gegen *Pennisatia (Bembecia) marginata*[7]) an Him- und Brombeere versagte es wegen Beschädigung der Pflanzen.

Zur Bekämpfung der Larven von *Lepidoderma albohirta*, *L. trichosterna*, *L. furfuracea*, *L. frenchi*, *L. consolvina*, *L. caudada*, *L. rothei* und *Anoplognathus boisduvali* in Zuckerrohrfeldern[8]) hat vor allem Jarvis Paradichlorbenzol unter Zuhilfenahme maschineller Einbringungsgeräte (Injektor, Gespannpflug) untersucht. In kultiviertem Boden sind bei trockner Witterung 7 g, etwa 18 cm tief untergebracht, 6 Wochen lang wirksam. Die besten Ergebnisse bringen gegenüber 1. und 2. Larvenstadien Behandlungen bei Temperaturen von 21—27° von November bis Januar. Da der Boden nicht zu naß sein darf, unterbleibt Anwendung nach Beginn der nassen Zeit. Nach Niederschlägen bis zu 7½ cm Höhe ist Durchführung zulässig im leichten Boden nach 4—5, im Sandboden nach 2—3, in tonigem oder sandigem Lehm nach etwa 6 Tagen, sofern Land gut abgetrocknet und bearbeitet ist. Bei günstiger Witterung treten keine Pflanzenschäden auf, die behandelten Zuckerrohrpflanzen haben vielmehr ein besseres Wachstum und einen höheren Zuckergehalt. — Gegen *Pentodon*-[9]), *Melolontha*-[10])

---

[1]) Holloway, T. E., The control of the sugar cane borer. U. S. Bur. Ent. New York, Sep. Facts Sugar **14**, 1922, 1 S.; Howard, L. O., Rep. Ent. U. S. Dep. Agr. 1922, 32 S.

[2]) Cotterell, G. S., Rep. Ent. Div. Gold Coast Rep. Agr. Dep. 1925, 34—36.

[3]) Ballard, E., 5. Ent. Prog. Rep. (Australia). Emp. Cotton Growing Rev. **3**, 1926, 276—279.

[4]) Hawley, J. M., Insects injurious to the hop in New York, with special reference to the hop grub and the hop redbug. Corn. Univ. Agr. Exp. St., Mem. **15**, 1918, 147—224; Esterberg, L. K., On two little known insect pests of onion. Plant. Prot. 1932, 79.

[5]) Dampf, A., Contribucion al conocimiento de la morfologia de los primeros estados de *Hypopta agavis (chilodora)*, plaga de los magueyes en la mesa Central de Mexico. Estud. Ofic. Defensa Agr. 1927, 5—26.

[6]) Grandi, G., *Hypopta caestrum*. Boll. Lab. Ent. Bologna **3**, 1930, 221—244.

[7]) Essig, s. S. 185[6]), Bull. **411**; Peterson, s. S. 185[6]), Bull. **391**.

[8]) Jarvis, E., Cane pest combat and control. Queensl. Agr. Jl. **19**, 1923, 206—207 (Handinjektor); **21**, 1924, 325—326 (Maschine f. Großbehandlung); **22**, 1924, 150—153; **24**, 1925, 219—223; **28**, 1927, 108, 211, 339; **29**, 1928, 97—107 (Zusammenfassung); 28. Rep. Bur. Sugar Exp. St. Queensl. 1928, 14—19; Jarvis, E., and Burns, A. N., s. S. 180[2]); Burns, A. N., and Mungomery, R. W., Queensl. Agr. Jl. **24**, 1925, 443—444; Mungomery, R. W., das. **28**, 1927, 104, 220, 337; **30**, 1928, 513—514; 29. Rep. Bur. Sugar Exp. St. Queensl. 1929, 45; 31. Rep. 1931, 45 u. 32. Rep. 1932, 55; Tryon, H., Pineapple disease investigations. Interim Rep. Queensl. Agr. Jl. **30**, 1928, 26—34.

[9]) Goidanich, A., Un metodo di lotta efficace contro larve di alcuni Scarabeidi. L'Italia Agr. **68**, 1931, 857—860.

[10]) Gusev, V. J., Der Maikäfer in den Kieferbeständen Stawropoler Rayons (Samarascher Kreis). Samara, Lesn. Otd. Sr. Volzhsk. obl. zem. Upravl. 1929, 33 S.; Dekhtiarev, N. S., Notes on the scarabaeid beetles attacking vines in Ukraine. Bull. Ent. Res. **20**, 1929, 95 bis 98; Golovyanko, Z. S., Experim. on the use of paradichlorobenzene for the control of the larvae of the field cockchafer *(Mel. mel.)*. Sbor. Sortovo-Semenn. Upravl. 1928, 115—136; Ders., The control of the larvae of cockchafers. Kiew 1935, 56 S.; Chigarev, G., On the depth to which paradichlorobenzene should be introduced into the soil fumigation *(Polyphylla fullo)*. Vestn. Vinogr. Vinodel Vinotorg., Odessa **2**, 1930, 117—122 u. s. S. 181[4]), 1931, 534; Sokanovskii, B., Results of the use of paradichlorobenzene against *Melolontha* larvae in the conditions of Moscow district. Plant Protect. **8**, 1931, 548—551; Rekk, G. F.,

und *Polyphylla*-Arten[1]) in Weinbergen, Zuckerrübenfeldern, Baumschulen wurde Paradichlorbenzol vor allem in Rußland erprobt. Bei in sandige Böden gepflanzten Rebstecklingen gelangten beiderseits von ihnen in etwa 27 cm entfernte 10 cm tiefe Löcher 7 g, in schweren Böden etwa 9—10 g mit Erfolg zur Anwendung (Golovyanko). In Zuckerrübenfeldern waren bei Mengen von 1 g je Loch in 18 cm Entfernung 96,4%, bei solchen von 3 g sämtliche Larven tot. Bei größerer Entfernung ging Wirkung trotz höherer Gaben zurück. Benötigt werden auf 0,4 ha 108—158 bzw. 169—203 kg, also Mengen, die nur in besonderen Fällen tragbar sind.

Verhältnismäßig günstige Erfahrungen von Paradichlorbenzolbehandlungen liegen des weiteren vor gegen: Elateridenlarven (u. a. zur Abhaltung von Dahlienknollen)[2]), *Prionus californicus*[3]), *Xylocrius agassizi*[4]) *Diaprepes (Prepodes) vittatus* und *Pachnaeus litus*[5]), *Anthores leuconotus*[6]), *Conotrachelus nenuphar*[7]), *Amphimallus (Rhizotrogus) solstitialis*[8]), *Popillia japonica*[9]), *Pseudoholophylla furfuracea*.[10])

---

Works with paradichlorobenzene during the summer 1929, in reference to young fruit trees. (Prelim. Inform.). Bull. Mleev. Hort. Exp. St. 1930, 30 S.; Zhirkov, S. G., On the biology of the may cockchafer a. its control. Nachr. forsttechn. Inst. Kasan **1**, 1931, 117—134; Grandori, R., Experimenti di lotta contro il Maggiolino *(Mel. vulg.)* mediante il Para-Italia (Paradichlorobenzolo). Boll. Lab. Zool. Agr. Bachic. Milano **1**, 1930, 89—93.

[1]) Makhnovskii, P. L., A mechanical means of applying paradichlorobenzene. Vest. Vinodel. Ukraine **29**, 1928, 170—171 (Beschreibung eines Dosierungsgerätes); Golovyanko, Z. S., Paradichlorbenzol zur Bekämpfung der Larven von *Polyphylla fullo* in Weinbergen und Sanden des unteren Dnjepr. Kiew, Nat. Commiss. Agr. 1927, 43 S. u. Visn. Sadiv. Vinogr. Gorodn. 1929, 15 S.; Ders., Results of the application of paradichlorbenzol against the larvae of the forest cockchafer, *Mel. hippoc.*, Leningrad 1930 (!), 62 S.; Results obtained with polychlorides and paradichlorobenzene against the larvae of *Polyphylla fullo* a. *Mel. hippoc.* Bull. Ent. Res. **24**, 1933, 531; Chigarev, s. S. 181[4]); Printz, Ya. J., Notes of vine pests II. Ent. Kab. Koop. Vinogr. Konkordia Helenendorf 1928, 126 S. u. 1932, 136 S.; Kostenko, M. N. K., On the question of mechanical means for introducing paradichlorobenzene into the soil. Trudi Oleshk. pischano-meliorativn. dosvidn. St., Dosvidn. Viddil. **2**, 1928, 15—27; Ders., The effect of paradichlorobenzene on the larvae of *P. fullo* in relation to the time of its introduction into the soil. Das. 3—14; Ders., An experiment in the control of the larvae of *Polyphylla fullo* in the lower Dniepr sands by applying polychlorides to the soil. Das. **3**, 1930, 24 S.; Rekk, s. S. 187[10]).

[2]) Essig, Bull. **411**; s. S. 185[6]); Golovyanko, 1928, s. S. 187[10]); Rep. Cansas Agr. Exp. St. 1927, 71—84, s. S. 180[3]).

[3]) Crawford, R. F., and Eyer, J. E., The giant apple root borer. Bull. N. Mexico Agr. Exp. St. **168**, 1928.

[4]) Chamberlin, W. J., The gooseberry root-borer. Jl. Ec. Ent. **18**, 1925, 674—679; Mote, s. S. 171[1]).

[5]) Gowdey, C. C., Rep. Govt. Ent. Jamaica Ann. Rep. Dep. Agr. 1927, 16—17 u. 1928, 20—21; Edwards, W. H., Rep. Gov. Ent. Ann. Rep. Dep. Agr., Jamaica 1923, 22—24.

[6]) Smee, C., Rep. Ent.; Rep. Dep. Agr. Nyasald. 1927, 13—20.

[7]) Butler, H. C., and Dozier, H. L., Life history studies of the plum curculio. Trans. Peninsula Hort. Soc. 1929, 111—117; Marlatt, C. L., Rep. Chief Bur. Ent. U. S. Dep. Agr. 1931.

[8]) Strawinsky, K., Tepiene owadow paradwuchlorobenzolem. Las Polski 1928.

[9]) Howard, L. O., Rep. Ent. U. S. Dep. Agr. 1922; Fleming, Bull. **410**, s. S. 178[8]) u. Soil insecticides for the japan. beetle. Jl. Ec. Ent. **21**, 1928, 813—818; Lipp, J. W., The effectiveness of paradichlorobenzene and naphthalene in preventing oviposition by the japanese beetle. Jl. Ec. Ent. **27**, 1934, 500.

[10]) Mungomery, R. W., Field rep. South Assist. Ent. Queensl. Agr. Jl. **25**, 1926, 206, 210 u. **26**, 1926, 52—53.

Paradichlorbenzolanwendung ist ferner empfohlen worden gegen *Capnodis tenebrionis*[1]), *Chrysomeliden*-Larven[2]), *Rhyparida morosa*[3]) und *Barypithes (Exomias) araneiformis*.[4])

Gegen Dipteren reichte Wirkung nicht aus oder trat erst bei Anwendung größerer Gaben ein. Untersuchungen liegen vor gegenüber *Chortophila brassicae*[5]), *Sciara caesar* und *Camptocladius byssinus*[6]), *Rhagoletis cerasi*[7]) und *Decilaus citriperda*[8]).

Unbrauchbar erwies sich reines Paradichlorbenzol zur direkten Bekämpfung von Wurzelrebläusen[9]) im Erdboden. Im besten Falle wurde die Vermehrung des Schädlings nach Art des Kulturalverfahrens gehemmt.

Im Ringverfahren bewährte sich die Anwendung von Paradichlorbenzol gegen folgende Läusearten: *Eriosoma lanigerum*[10]), *E. lanuginosum*[11]), *E. piricola*[12]),

---

1) Libes, R., Emploi du paradichlorobenzene contre les insectes du sol. Rev. Hort. Algérie **28**, 1924, 245—248 (Prog. Agr. et Vit. **82**, 1924, 400—403); Rekk, G. F., Methods of chemical control of certain root pests of fruit trees. Bull. Pomol. Exp. St. People's Com. Agr. S. S. R. Georgia, Div. Plant Protect. **1**, 1932, 48 S.

2) Cottrell-Dormer, W., Cane diseases a. pests. Queensl. Agr. Jl. **23**, 1925, 271—272; Hanson, A. J., The potato flea beetles *Epitrix cucumeris*, *E. subcrinita*. Bull. Wash. Agr. Exp. St. **280**, 1933, 27 S.

3) Jarvis, E., Cane pest combat and control. Queensl. Agr. Jl. **27**, 1927, 270—271; Bates, G., Cane pests. Queensl. Agr. Jl. **27**, 1927, 500—501.

4) Light, S. S., A weevil pest of strawberries. Fruit Grower 1927, 2 S.

5) Brittain, 1920, 50. Ann. Rep., s. S. 170[2]); Krasnyuk, P. J., Bull. Mleev. Hort. Exp. St. **47**, 1931, 58 S.; Goffart, H., Versuche zur Bekämpfung der Kohlfliege *(Phorbia brassicae)*. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **43**, 1933, 49—68.

6) Thompson, s. S. 171[3]); Fulton, B. B., Naphthalene for midge larvae in tobacco seed beds. Jl. Ec. Ent. **26**, 1933, 512.

7) Olombel, M., Note prélim. sur la cécidomyie du chou-fleur *(Cont. torquens)*. C. R. Acad. Agr. France **17**, 1931, 178—182; Bongini, Osservazioni biolog. sulla mosca d. ciliege in Piemonte. Boll. Lab. sper. Fitopat. **8**, 1931, 4—9; Samoggia, A., Nota sulla *Rhag. cerasi*. Boll. Lab. Ent. Bolog. **5**, 1932, 22; Thiem, s. S. 160[7]), 59—60; Wiesmann, s. S. 160[7]), 331.

8) Veitch, R., Rep. Chief Ent.-Ann. Rep. Dep. Agr. Queensl. 1931, 43 u. 1932, 51.

9) Kornauth, K., Bericht über Tätigkeit der landwirtschaftlich-bakteriologischen und Pflanzenschutzstation. Z. landw. Versuchswesen i. Deutsch-Österreich **22**, 1919, 93 u. **23**, 1920, Sonderheft S. 26; Essig, s. S. 188[2]); Printz, s. S. 188[1]); Vasil'ev, J. V., Is it necessary to control leaf phylloxera? Vestn. Vinodel. Ukraine **30**, 1929, 262—265; Grandori, R., Esperimenti di lotta contro la fillossera della vite mediante il Para-Italia. Boll. Lab. Zool. Agr. Bachic. Milano **1**, 1930, 95—110; Dalmasso, G., e Manzoni, L., Sugli esperimenti col paradiclorobenzolo come rimedio antifillosserico. Nuovi Ann. Agric. **10**, 1930, 302—322.

10) Essig, s. S. 188[2]); Cutright, C. R., Subterranean aphis of Ohio. Ohio Agr. Exp. St., Bull. **387**, 1925, 173—238; Pettit, R. H., Rep. Sect. Ent. 63, Ann. Rep. St. Bd. Agr. Michigan 1925, 209—219; Ramachandro, Rao Y., Administ. Rep. Gov. Entom. Coimbatore 1928; Nakayama, S., Tanaka, T., and Maruta, S., The woolly apple aphis in Chosen. Bull. Agr. Exp. St. Gov. Gen. Chosen, Korea 1928, 21 S.

11) Essig, E. O., Paradichlorobenzene, a soil fumigant. Mthly. Bull. Cal. Dep. Agr. **15**, 1922, 28—30 u. s. S. 186[1]), 1922; Rekk, s. [1]).

12) French and Lewick, s. S. 181[10]); Jakobson, W. C., Bur. of Plant Quarantine a. pest control. Mon. Bull. Calif. Dep. Agr. **15**, 1927, 113—147.

*Anuraphis persicae-niger*[1]), *Pseudococcus lilacinus*[2]), *Ps. citri*[3]) und *Aradus cinnamomeus.*[4])

Gegen *Scutigerella immaculata* hatte Filinger[5]) im Gewächshaus mit 0,67 kg Paradichlorbenzol auf 9,3 qm bei sorgfältiger Schonung der Pflanzenwurzeln und Wymore[6]) im Spargelfeld mit je 28 g beiderseits der Pflanze Erfolg. Im Gegensatz zu den negativ verlaufenen Versuchen an Tomaten (13-cm-Töpfe mit Sandboden erhielten 7 g) von Rosen[7]) will Gardner[8]) von *Heterodera radicicola* befallene Zyklamen nach der Ringmethode mit 7—10,5 g Paradichlorbenzol und nachfolgender Wässerung entseucht haben.

Paradichlorbenzolmischungen. In Lösung mit leichtflüchtigen Insektiziden, wie Schwefelkohlenstoff und Tetrachloräthan[9]), soll Paradichlorbenzol z. T. nachhaltiger wirken oder, mit Petroleum[10]) und Ölen[11]) gemischt, einfacher anzuwenden sein. Printz[12]) hatte mit Lösungen von Polychloriden oder von Paradichlorbenzol (1 Teil) in Schwefelkohlenstoff (2 Teile) gegen *Phylloxera vastatrix* und *Polyphylla olivieri* ausgezeichnete Erfolge (Ende Juni bei 64 g/qm in 12 Tagen 75, bei 74—85 g/qm 100% tot); der Schwefelkohlenstoff wirkt in die Tiefe, das Paradichlorbenzol oberflächlich.

---

1) Ohio Agr. Exp. St. 43. Ann. Rep. Bull. **382**, 1924, 34—37; Cutright, Paradichlorobenz. against the black peach aphis, *Anuraphis persicae-niger*. Jl. Ec. Ent. **20**, 1927, 250 bis 253; s. a. S. 189[10]).

2) Hancock, G. J. R., Ann. Rep. Assist. Ent. Ann. Rep. Dep. Agr., Uganda 1926, 25 bis 28; Hargreaves, H., Ann. Rep. Gov. Ent., Rep. Dep. Agr., Uganda 1927, 24—27.

3) Assist. Ent. Rep. Farmers' Jl. Uganda Pl. Pest Board **7**, 1925, 25—26; Hargreaves, H., Ann. Rep. Gov. Ent. Ann. Rep. Dep. Agr., Uganda 1925, 21—28.

4) Strawinski, s. S. 188[8]).

5) Filinger, G. A., Observations on the habits and control of the garden centipede, *Scutigerella immacul.*, a pest in greenhouses. Jl. Ec. Ent. **21**, 1928, 357—360; Ders., s. S. 145[4]); Michelbacher, s. S. 155[6]).

6) Wymore, s. S. 136[3]); Feytaud, J., Contribution à l'étude des Symphales. Rev. Zool. Agr. et Appl. **25**, 1926, 1—11 u. 25—32; Essig, s. S. 185[6]), Bull. **411**.

7) Rosen, H. R., Negative results obtained by the use of paradichlorobenz. against the root-knot nematode, *Het. radicicola*. Phytopath. **16**, 1926, 635—636.

8) Gardner, L. R., An experiment on the control of nematodes. Jl. Ent. and Zool. **18**, 1926, 43; Calif. St. Rep. 1926, 61—67 (Larven bei Anwendung großer Mengen tot).

9) Cottrell-Dormer, W., Cane pests and diseases. Queensl. Agr. Jl. **25**, 1926, 45—47; Jarvis, E., Das. **29**, 1928, 97—107; **39**, 1933, 60; 30. Ann. Rep. Bur. Sugar Exp. St. Queensl. 1930, 42—46; Mungomery, Das. 47—48; Bell, s. S. 162[10]).

10) Siegler, E. H., and Brown, L., Prelim. experim. in the application of paradichlorobenz. in liquid form against the peach tree borer. Jl. Ec. Ent. **20**, 1927, 701—702 u. **22**, 1929, 217—221; Snapp and Swingle, s. S. 185[6]); Insect pests in New Mexiko 1933/34; Bell, A. F., Ent. Rep. Bur. Sug. Exp. St. Queensl. **35**, 1935, 48—53.

11) Severin, H. C., Ent.-Ann. Rep. S. Dakota Agr. Exp. St. 1927/28, 16—19; Cory, E. N., Experim. with pine oil preparations. Bull. Maryld. Agr. Exp. St. **298**, 1928, 184 bis 186; Driggers, B. F., Orientaly peach moth investigations. Rep. N. Jers. Agr. Exp. St. 1929, 145—154; Marlatt, C. L., Rep. Chief Bur. Ent. U. S. Dep. Agr. 1929; Hutson, R., Control measures for apple tree borers. 62. Ann. Rep. Ent. Soc., Ontario 1932, 46; Vogel, M. A., and Neiswander, R. B., The lesser peach borer *Aegeria pictipes*. Bim. Bull. Ohio Agr. Exp. St. **18**, 1933, 51.

12) Printz, s. S. 135[1]) u. S. 188[1]).

## 9. Schwefelhaltige organische Verbindungen

### α) Schwefelkohlenstoff *(carboneum sulfuratum, carbon bisulfide, sulfure de carbone)*

Der Schwefelkohlenstoff ist bodenbiologisch von großer Wichtigkeit als Mittel zur Bekämpfung von Bodenschädlingen, zur Behebung der echten Bodenmüdigkeit und zur Erhöhung der Pflanzenerträge.

Obwohl bereits 1854 und 1857 zur Bekämpfung von Insekten vorgeschlagen[1]), gelangte er als wirksamstes chemisches Mittel zur Eindämmung der Reblausseuche in Frankreich nach dem Hinweis von Thénard (1869)[2]) erst auf Grund der Tätigkeit von Monestier (1873) sowie zahlreicher Versuche von Bazille (1873), Alliés (1874), Cornu, Mouillefert, Boiteau, Marion u. a. zur allgemeinen Anerkennung.[3]) 1879 kam er auf einer Gesamtfläche von über 3000, 1884 von über 33 000 und 1887 von über 66 000 ha Weinberge zur Anwendung. Mit der Ausdehnung des Pfropfrebenbaues ließ sein Gebrauch nach, erstreckte sich aber 1894 noch auf 50 000 und 1904 auf 21 000 ha Weinberge. Auch in den übrigen von der Reblaus heimgesuchten Weinbauländern Europas blieb der Schwefelkohlenstoff mehr oder weniger lange die Grundlage der direkten Reblausbekämpfung, in Deutschland und der Schweiz nunmehr seit mehr als 60 Jahren. Ohne Eindämmung der Reblausschäden durch Anwendung von Schwefelkohlenstoff hätte die Reblauskatastrophe in Europa einen sehr viel ernsteren Charakter angenommen, da der Pfropfrebenbau erst um 1890 praktisch brauchbare Wege beschritt.

Die so auffällige Erscheinung der wachstumsfördernden Eigenschaft des Schwefelkohlenstoffs auf die behandelten Reben bzw. auf die nachgebauten Pflanzen (Futterpflanzen, Hackfrüchte, Getreide, Gemüse), von Dumas[4]) bereits vor 1875 bemerkt, wurde von Girard[5]) und Oberlin[6]) gleichzeitig aufgegriffen und darauf von sehr vielen Forschern[7]) bestätigt. Sie trat auch auf den müden Böden auf und zwar ohne Rücksicht auf deren Erreger. Mit Erfolg behandelte Girard durch Nematodenbefall bedingte Rübenmüdigkeit, Oberlin die Rebenmüdigkeit unbekannter Ursache und Behrens[8]) die Zwiebelmüdigkeit. Die auf dieser Grundlage zunächst in Deutschland, dann in England und Amerika einsetzenden umfangreichen Untersuchungen führten zu der wichtigen Erkenntnis

---

[1]) Simmons, P., and Ellington, G. W., The discovery of the insecticidal property of carbon disulphide. Sci. **64**, 1926, 326—327; Akbar, Gard. Chron. 1858, 653.

[2]) Thénard, Bull. Soc. Agr. France 1870, 391.

[3]) Litr. s. Mayet, V., Ins. Vigne, Paris 1890, S. 156—157; Foëx, G., Historique de la crise phylloxérique en France. Paris 1900.

[4]) Dumas, C. R. Acad. Paris T. **81**, 1875, 788.

[5]) Girard, A., Jl. Agr. Prat. **58**, 1894, 740; C. R. Acad. Paris T. **118**, 1894, 1078.

[6]) Oberlin, Chr., Besondere Wirkungen des Schwefelkohlenstoffes bei Bodendesinfektionen namentlich in Hinsicht auf die größere Fruchtbarkeit derartig behandelter Böden. Weinbau u. Weinhandel **6**, 1888, 235. **14**, 1896, 263. **17**, 1899, 363; Bodenmüdigkeit und Schwefelkohlenstoff mit besonderer Berücksichtigung der Rebenverjüngung ohne Brache und ohne Zwischenkultur. Mainz 1894.

[7]) Litr. s. Voigt, G., bei Muth, Zell-Stimulationsforschungen **3**, 1927, 56—62; Bronsart, H. v., Bodenmüdigkeit, ihre Ursachen und Bekämpfung. 1931, 20 u. 54.

[8]) Behrens, J., Zur Frage der Rebenmüdigkeit der Weinberge. Wochenblatt Landw. Verein Baden 1896, 260.

von der nichtspezifischen Wirkung der Bodenentseuchungsmittel. Wirtschaftlich kam das, von der Anwendung des Schwefelkohlenstoffes im Gemüse- und Obstbau abgesehen, darin zum Ausdruck, daß die Schwefelkohlenstoffbehandlung des Bodens im Weinbaugebiet der Pfalz Eingang fand bei Neupflanzungen (einschließlich Ausstufen) und Verjüngung wertvoller Bestände.[1])

In der Hauptsache gelangte der Schwefelkohlenstoff unverdünnt zur Anwendung unter Zuhilfenahme von Stoßeisen (Stangen), Blechtrichtern und Blechmäßchen oder von erstmalig von Gastine konstruierten Spritzpfählen (Schwefelkohlenstoffinjektoren, *pals injectors*) und Schwefelkohlenstoffpflügen *(charrues sulfureuses)*. Seine Gefährlichkeit (Entzündungspunkt bei 46°, Explosionsmöglichkeit in Mischung mit Luft) und mangelhafte Regulierbarkeit in durchlässigen Bodenarten suchte man zu beheben durch Auflösung oder Adsorption in dazu geeigneten Substanzen, durch Verwendung schwefelkohlenstoffhaltiger wasserlöslicher Salze (Kaliumsulfokarbonat S. 203, Kaliumxanthogenat S. 204) und durch Herstellung wasserlöslicher Emulsionen. Zur Verabreichung in nichtwässeriger Form wurden benutzt: Gelatinekapseln, Flaschen mit geschlitztem Stopfen, Rohart's Würfel[2]), mit Wasserglas überzogene Leinwürfel, mit Leim bestrichene Papierkapseln, Infusorienerde, Sägespäne, Torf (Torfwürfel), Teerwasser, Vaseline, Fischtran (Natol genannt), Naphthalin einschließlich Rohnaphthalin, Nitrobenzol (Horlin genannt), Petroleum, Teer, Terpentinöl, Tetrachloräthan (Ergetan bzw. Sulfoergetan genannt), Paradichlorbenzol u. a. Wasserlösliche Emulsionen wurden hergestellt unter Verwendung von Harz und Alkohol, Harzölseife, Sapikat (Kroemer)[3]), Ölseifenspiritus[4]), Harzfischöl, Rhizinusöl oder Baumwollsamenöl mit Äthylalkohol und Ölsäure, Kali- oder Natronlauge (Smith, Fleming)[5]) u. a.

---

[1]) Mehling, Die Behandlung der Reben und Weinbergsböden mit Schwefelkohlenstoff. Mitt. d. Deutsch. Landw. Gesellsch. **42**, 1925, 561; Muth, Fr., Die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes auf die Pflanzen. Zell- u. Stimulationsforschungen **3**, 1927, 15—62; Köbelin, Brache oder Schwefelkohlenstoffbehandlung? Weinbau u. Kellerwirtschaft **11**, 1932, 224.

[2]) Etienbled, Ch., Jl. Agr. Prat. **1**, 1880, 406; Rohart, C. R., Acad. Paris T. **89**, 1879, 575 (Weinlaube **10**, 1878, 103); Chevreuil, E., C. R. Acad. Paris T. **86**, 1878, 1431; Gaumont, s. S. 184[4]).

[3]) Thiem, H., Über die Entseuchung von Böden und Reben. D. deutsche Weinbau **6**, 1927, 403—406; Kroemer, K., Versuche zur Schutzbehandlung und zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit mit Sapikat-Schwefelkohlenstoff. Ber. Lehr.- u Forschungsanst. f. Wein-, Obst- u. Gartenbau, Geisenheim a. Rh., f. 1924 u. 1925, 134—138 u. f. 1926, 71—72; Grether, Verfahren zur Bekämpfung der Reblauskrankheit. Wein u. Rebe **2**, 1920, 328; Dewitz, J., Frühere Versuche über die Vernichtung der Reblaus bei gleichzeitiger Erhaltung des Stockes. Weinbau u. Weinhandel 1920, 333.

[4]) Krauß, J., Ein neues Bodendesinfektionsmittel. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 64—65.

[5]) Leach, B. R., Experim. in the control of the root form of the woolly apple aphis. U. S. Dep. Agr., Bull. **730**, 1918, 24—40; Smith, L. B., The japan. beetle status 1923. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 107—111; Ders., Jap. beetle reports. N. Jers. Dep. Agr., Bull. **41**, 1924, 55—63 u. **45**, 1925, 59—75; Leach, B. R., and Johnson, J. P., Emulsions of wormseed oil and of carbon disulphide for destroying larvae of the japan. beetle in the roots of perennial plants. N. Jers. Dep. Agr., Bull. **1332**, 1925, 17 S.; Fleming, W. E., A homogeneous carbon disulphide emulsion. Jl. Agr. Res. **33**, 1926, 17—20; Johnson, J. P., Soil treatment and scouting for the control of the asiatic beetle. Jl. Ec. Ent. **20**, 1927, 373—376; Fleming, W. E., and Wagner, R., Miscible carbon disulphide. Ind. and Eng. Chem. **20**, 1928, 849—851; Fleming and Baker, s. S. 201[2]).

Für den Großgebrauch wurden Maschinen zur automatischen Herstellung von Emulsionen und deren Feldverteilung gebaut.[1])

Schwefelkohlenstoffbehandlungen von wertvollen Kulturböden, Gewächshäusern, Zucht- und Frühbeeten[2]) werden zunehmend, meist unter Zuhilfenahme von einfachen Entseuchungskästen, feuchten Decken, Injektoren, mit gutem Erfolg durchgeführt und teilweise gegenüber dem Dämpfverfahren bevorzugt. Bei Fehlergebnissen[3]) dürften besondere Umstände, wohl auch technische Mängel vorliegen.

Nach der Art der direkten Reblausbekämpfung mittels Schwefelkohlenstoff unterscheidet man das Radikal-(Extinktiv-) und das Schütterungs-(Kultural-) Verfahren. Beim ersteren kommen übertödliche, Rebläuse und Rebstöcke restlos zerstörende Mengen, im letzteren untertödliche, bei Gesunderhaltung der Pflanzen den Schädling weitgehend vernichtende Gaben zur Anwendung.

Das Vernichtungsverfahren kommt hauptsächlich in den klimatisch weniger begünstigten Ländern (Deutschland, Schweiz) zur Durchführung. Der Boden der verseuchten Stöcke (Seuchenstelle) wird sofort bei deren Auffindung, sodann nach vollendeter Untersuchung der angrenzenden reblausverdächtigen Rebstöcke (Sicherheitsgürtel) bei Vernichtung des gesamten Reblausherdes (Seuchenstelle und Sicherheitsgürtel) mit 400—600 ccm/qm Schwefelkohlenstoff gleichmäßig getränkt und oberflächlich mit einem nicht flüchtigen Insektizid (Petroleum, Kresol, Tetrachloräthan-Schwefelkohlenstoff-Sapikat-Emulsion) begossen.

Das Kulturalverfahren hat sich in den Ländern, in denen die Verwüstungen der Reblaus mit wachsender Schnelligkeit um sich griffen (Frankreich, Ungarn, Österreich, Italien), jahrzehntelang behauptet und so den zu raschen Zusammenbruch des alten Europäerweinbaues verhindert. Rechnet man für die Besetzung je 1 Loches 6—7 g Schwefelkohlenstoff, so werden für die Behandlung verseuchter Reben mit je 4 Löchern je 24—28 g (Faes 40 g), für je 1 qm mit 9 Löchern und 2 Dosierungen um je einen Rebhals 66—77 g Schwefelkohlenstoff verabreicht, d. s. Mengen, die bei sorgfältiger Beachtung aller Umweltverhältnisse von den

---

[1]) Wardle, R. A., The problems of applied Ent. Manchester 1929, S. 486; Leach, B. R., Control of japan. beetle in lawns. Pennsylv. Dep. Agr., Gen. Bull. **410**, 1925, 12 S.; Merritt, J. M., Dibble, C. B., and Robey, O. E., A method of rapidly applying liquid soil insecticides. Jl. Ec. Ent. **26**, 1933, 580—582.

[2]) Danitschenko, J. M., Chrysanthemen und ihre Kultur. Prog. Hort. a. Market Gard., Petrograd 1916, 31 S.; Watson, s. S. 177[3]), Bull. **151**; Howard, C. W., Control of eelworm in tomato houses: Experim. at lower hut. N. Z. Jl. Agr. Well. **23**, 1921, 225—227; Gandrup, s. S. 142[2]); Dickau, F., Meine Erfahrungen in der Bekämpfung der Älchenkrankheiten an großblumigen Chrysanthemen. Blumen- u. Pflanzenbau **45**, 1930, 195—196; Arends, G., Älchenbekämpfung mit Schwefelkohlenstoff. Blumen- u. Pflanzenbau **46**, 1931, 24; Evans, J. B. P., Many products of the Unions' soil. Farming in S. Africa **4**, 1929, 398 (*Het. radicic.* mit 250 g/qm erfolgreich behandelt); Schwartz, G., Beitrag zur Bekämpfung der Wurzelälchen im Freiland. Sächs. Gärtnerbl. 1930, 264 u. 1932, 69.

[3]) Ramsbottom, s. S. 159[10]); Zimmerly and Spencer, s. S. 142[5]); Fron, G., L'anguillule de l'avoine. Jl. Agr. Prat. **45**, 1926, 132.

Reben vertragen werden.[1]) Mittels Spritzpfahl vermögen 5 Arbeiter in 3 Tagen 1 ha zu behandeln.[2])

Abgesehen von seiner Billigkeit und leichten Beschaffung hat der Schwefelkohlenstoff als Bodeninsektizid folgende Vorzüge: 1. Er kommt als Flüssigkeit genau dosiert zur Anwendung und wirkt gasförmig; 2. Das Gas ist spezifisch schwerer als Luft und füllt auch in den tieferen Bodenschichten alle Hohlräume aus; 3. Es ist wasserunlöslich und weitgehend chemisch indifferent; 4. Es wirkt innerhalb kurzer Zeit auf tierische Schädlinge tödlich. Die hauptsächlichsten Nachteile sind: 1. Leichte Explosibilität des mit Luft gemischten Gases; 2. Mangelhafte Entseuchung der oberflächlichen Erdschichten sowie der durchlässigen sehr leichten und undurchlässigen sehr schweren Böden; 3. Abziehen des Gases auf schiefer Ebene gemäß des Verlaufes des Untergrundes und dadurch Beschädigung der davon betroffenen gesunden Kulturen; 4. Mangelhafte fungizide Wirkung.

In steilen Weinbergslagen gehören die durch das sog. Verstreichen (Abziehen) des Schwefelkohlenstoffes entstehenden umfangreichen und kostspieligen Außenschäden zu den unangenehmsten Nebenerscheinungen des Verfahrens. Für ihre Verhinderung bzw. Verminderung eignen sich am besten langsam vergasende, wasserunlösliche und insektizid wirkende Zusatzkörper, die sich im Schwefelkohlenstoff leicht lösen und dessen Vergasung verlangsamen. Diesen Bedingungen entspricht weitgehend eine Tetrachloräthan-Schwefelkohlenstoff-Lösung. Zufolge ihres geringen Schwefelkohlenstoffanteiles, statt z. B. 400—500 ccm/qm nur 210 bis 240 ccm, wird die Tension des im Boden gebildeten Gases bedeutend herabgesetzt.[3])

Die nicht explosiblen wässerigen Schwefelkohlenstoffemulsionen sind kein vollwertiger Ersatz für reinen Schwefelkohlenstoff und vermögen dessen Anwendungsbereich nur in beschränktem Umfange zu erweitern, z. B. gegen größere Insektenlarven der Scarabaeiden und Curculioniden. Wegen des erforderlichen hohen Wassergehaltes solcher Emulsionen werden die Behandlungen im großen nicht nur umständlicher und kostspieliger, sondern in insektizider Hinsicht unsicherer und unter Umständen auch für Pflanzen giftiger. Bei Verabreichung sehr reichlicher Mengen Emulsion wird der Boden derart durchnäßt, daß die Tiere wegen der sie umgebenden Wasserhülle weitgehend gegen die Angriffe des Schwefelkohlenstoffgases geschützt sind. Außerdem wirkt das Bodenwasser infolge Lösung geringer Mengen Schwefelkohlenstoffes lange Zeit auf das Pflanzenwachstum nachteilig. Bei schwächerer Dosierung wird der Schwefelkohlenstoff bereits in den oberflächlichen Bodenschichten frei und erreicht dadurch nicht die für die Vernichtung der Schädlinge erforderliche Tension. Bei sorgfältiger Nachprüfung haben wässerige Schwefelkohlenstoffemulsionen im Freiland i. a. schlechter und nur sehr selten besser als reiner Schwefelkohlenstoff abgeschnitten. Die Kombination des Schwefelkohlenstoffes mit unverdünnten Insektiziden

[1]) Thiem, H., Zur Umgestaltung der Reblausbekämpfung im Deutschen Reiche. Weinbau u. Kellerwirtschaft **3**, 1924, 29—32 u. 44—45; s. a. S. 192[2]); Kissel, Das hessische Entseuchungsverfahren zur Bekämpfung der Reblaus. D. deutsche Weinbau **4**, 1925, 185, 196 u. 207; Neuere Erfahrungen mit der Schutzbehandlung in Hessen. Das. **7**, 1927, 307 u. 319.

[2]) Willaume, F., Pratique du controle des ravageurs souterrains. Rev. path. Vég. ent. agr. **30**, 1931, 161.

[3]) Thiem, H., Über die Vermeidung von Außenschäden bei der Reblausbekämpfung. D. deutsche Weinbau 1930, Nr. 47, 3 S.

mit unterschiedlichen Eigenschaften (Paradichlorbenzol, Tetrachloräthan u. a.) verdient wegen der damit verbundenen Vorteile größere Beachtung.

Im Prinzip treffen diese Ausführungen auch auf die Entseuchung bodenmüder Pflanz- und Gewächshauserde zu. Ihre intensive Durchgasung wird wesentlich gesteigert, wenn bei Lockerung und Durchlüftung der Boden nach Verabreichung des Schwefelkohlenstoffes oberflächlich reichlich bewässert oder mit einer stark angefeuchteten bzw. gasdichten Zeltplane bedeckt wird.

Im übrigen hat sich für die Durchführung von Entseuchungen mit kulturalen Mengen folgendes von allgemeiner Bedeutung ergeben[1]): Die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes im Boden ist nach Ursprung, Zusammensetzung und physikalischem Zustande des Bodens sowie der Höhe der verabreichten Gesamtmenge des Mittels verschieden. Für das Verfahren eignen sich am besten Lößböden, lehmige Sandböden, steinige Lehmböden und Keuperböden. Schiefer- und Schotterböden sind wegen ihrer großen Durchlässigkeit, Letten- und Tonböden wegen ihrer Undurchlässigkeit dafür nicht geeignet. Schwere Böden werden zweckmäßigerweise im Sommer, leichtere Böden im Frühjahr behandelt.

Im Interesse einer gleichmäßigen Durchgasung beanspruchen erstere Bodenarten eine größere, letztere eine kleinere Anzahl von mit Schwefelkohlenstoff zu besetzenden Löchern. Diese sind alsbald zuzutreten. Wegen der erheblichen Flüchtigkeit des Schwefelkohlenstoffes ist es in Rücksicht auf die Gesamtwirkung nicht ratsam, in durchlässigen Böden eine geringere Gesamtmenge zu nehmen als für weniger durchlässige. Da bei erstmaliger Behandlung eines Bodens bedeutende Gasmengen festgehalten werden, soll eine 2. Behandlung derselben Fläche beträchtlich besser abschneiden (Fleming).[2]) Frisch umgelegter Boden

---

[1]) Macagno, J., Giorn. vinicolo ital. **7**, 1881, 128 u. 130; Gastine, G., et Couanon, G., Emploi de sulfure de carbone contre le phylloxéra, Paris 1884, 276 S.; Campana, Die Bekämpfung der Reblaus durch Schwefelkohlenstoff in verschiedenen Bodenarten *(Vigne française)*. Weinlaube **16**, 1884, 19; Kober, F., Zeitgemäße Maßnahmen im Weinbau. Eine Anleitung zur Erhaltung reblausverseuchter heimischer Weingärten mittels Schwefelkohlenstoff-Kulturalverfahren, Stuttgart 1920 u. Das Schwefelkohlenstoff-Kulturalverfahren. Mitt. üb. Weinbau u. Kellerwirtschaft (Wien) 1920, 95—100; Moritz, Appel, Hiltner, Über die Verwendbarkeit des Schwefelkohlenstoffes zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. **1**, 1903, 209—219; Hiltner, L., Anweisung zur Verwendung des Schwefelkohlenstoffes im Wein- und Obstbau, im Garten und in der Landwirtschaft. Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **7**, 1909, 45—52; Rolet, A., Désinfection des sols par le sulfure de carbone. Jl. Agr. Prat. 1914, 89—91; Hinds, W. E., Carbon disulphide as an insecticide. U. S. Dep. Agr., Farmers' Boll. **799**, 1917, 21 S.; Faes, H., Le traitement cultural du Phylloxéra. Terre vaudoise **18**, 1926, 317—319; Altenweger, J., Anwendung von Schwefelkohlenstoff im Obst- und Gemüsebau. Geisenheimer Mitt. Obst- u. Gartenbau **41**, 1926, 155—159; Thiem, s. S. 192[2]); Vogel, F., Verwendung von Schwefelkohlenstoff zur Bodendesinfektion im Obstbau. Obst- u. Gemüsebau **76**, 1930, 83—84; Schwartz, G., Bodenbehandlung mit Schwefelkohlenstoff. Neue Obst- u. Gemüsebauzeitung 1931, 333—336.

[2]) Boiteau, P., C. R. Acad. Paris T. **86**, 1878, 296. T. **88**, 1879, 895. T. **90**, 1880, 167; Moritz, J., und Scherpe, R., Über die Bodenbehandlung mit Schwefelkohlenstoff und ihre Einwirkung auf das Pflanzenwachstum. Arb. biol. Abt. Kaiserl. Gesundheitsamt **4**, 1905, 123 bis 156 u. Über die Haltbarkeit von Schwefelk. im Boden. Arb. Biol. Reichsanst. **4**, 1905, 201—206; O'Kane, W. C., Diffusion of carbon disulphide in soil. N. Hampshire Agr. Exp. St., Techn. Bull. **20**, 1922, 36 S.; Fleming, W. E., Fumigation of potting soil with carbon bisulphide for the control of the japan. beetle *(Pop. jap.)*. N. Jers. Agr. Exp. St., Bull. **380**, 1923, 45 S.; Melander, s. S. 180[1]), Bull. **187**; Willaume, s. S. 194[2]), 159.

soll nach der Behandlung zunächst einige Tage liegen (Willaume). Bei Böden mit durchlässigem Untergrund genügen Löcher von 10—15, bei solchen mit kaltem Untergrund von 30 cm Tiefe. Flachgründige Kulturböden mit undurchlässigem Untergrund beanspruchen weniger Entseuchungsstoff als tiefgründige mit durchlässigen Erdschichten. Grundwasser wirkt wie felsiger Untergrund.

Für das Verfahren sind kalte, an Niederschlägen reiche Monate nicht zweckmäßig, da sich während dieser Zeit der geschlossene und bindige Boden für eine kurzfristige Durchgasung nicht eignet. Der Schwefelkohlenstoff verflüchtigt sich im Winter sehr viel langsamer. Indem er besonders in kalten und schweren Bodenarten lange Zeit in flüssiger Form liegen bleibt, verursacht er an den benachbarten Wurzeln ungleich stärkere Verbrennungen als im Sommer und Frühjahr. In Mitteleuropa sind die physikalischen Bodenverhältnisse während des zeitigen Frühjahres nach erfolgter Erwärmung, d. i. kurz vor oder während des Austriebes der Pflanzen, am günstigsten. Diese Behandlungszeit kommt auch der pflanzlichen Wurzelbildung zustatten. Seitliche Reichweite beträgt in durchlässigen Böden (Lößlehmböden) etwa 20 cm.

Bei regnerischer Witterung haben Schwefelkohlenstoffschutzbehandlungen zu unterbleiben. Starke oberflächliche Bodennässe unterbindet in bindigen Bodenarten das Entweichen der Gase derart, daß sie unter Umständen länger als erwünscht darin verbleiben. Lehmige Böden sind nach erfolgter Dosierung leicht aufzuhacken. Gehen unmittelbar darauf stärkere Regen nieder (Gewitterregen), so ist die obere Bodenschicht nochmals zu lockern. Frost wirkt insofern nachteilig, als bei nachfolgendem Tauwetter der durchnäßte Boden den Durchgang des Gases verhindert. Andauernde Trockenheit wiederum bewirkt ein zu schnelles Entweichen des flüchtigen Gases. In solchem Falle ist eine vorausgegangene oberflächliche künstliche oder natürliche Bewässerung des Bodens vorteilhaft.

Bei der Verteilung der Dosierungslöcher dürfen lebenswichtige Teile der Pflanzen nicht getroffen werden, da letztere bei Benetzung zugrunde gehen. Bei Behandlung von Holzgewächsen sind besonders die Hauptwurzeln zu schonen; der Spritzpfahl ist so zu halten, daß der Schwefelkohlenstoff von ihnen abgekehrt austritt. Der Abstand von den Hauptwurzeln, wie überhaupt vom Stammsproß soll 10—15 cm betragen. Flachwurzelnde Pflanzen, Gräser, Stecklinge und Jungpflanzen, sind gegen die Behandlung deshalb unempfindlicher, weil sie dem rasch in die Tiefe sinkenden schweren Gas weniger ausgesetzt sind als tiefwurzelnde Pflanzen. Obstbäume, die auf Schwefelkohlenstoff viel schärfer reagieren, sollen während der Blüte und Fruchtreife nicht kulturiert werden.

Stark verseuchte, durch Krankheit und Schädlinge sehr geschwächte Pflanzen widerstehen der Behandlung nicht so gut wie gesunde und kräftige. Gewächse in humushaltigem Boden sollen besonders widerstandsfähig sein. Die jeweils in Frage kommende optimale Schwefelkohlenstoffgabe richtet sich nach der Pflanzenart, nach deren Entwicklungszustand und nach den Bodenverhältnissen. Die Bepflanzung vorbehandelter Böden kann um so früher erfolgen, je leichter der Boden bzw. je schneller das Gas verflüchtigt ist und umgekehrt. Leichtere Böden können schon nach wenigen Tagen, schwere unter Umständen erst nach 1 bis 2 Wochen ohne Nachteil in Kultur genommen werden. In Zweifelsfällen ist

Probepflanzung bzw. Probesaat, bei schweren, feuchten Böden wiederholtes Umstechen anzuraten. Anfängliche kleinere Wachstumsverzögerungen werden meist ausgeglichen und haben keinen Einfluß auf die günstige Weiterentwicklung der Pflanzen. Mit Schwefelkohlenstoff überbehandelte Reben bekommen gelbfleckige Kräuselblätter, die an Akarinose erinnern; Erscheinung wurde als Pseudoakarinose (Thiem) bezeichnet.

Gegen oberflächlich im Boden lebende tierische Schädlinge versagen in den meisten Fällen einfache Schwefelkohlenstoffbehandlungen. Dasselbe gilt für zählebige Insekten in tieferen, leicht durchlässigen Bodenschichten, da hier das Schwefelkohlenstoffgas nicht lange genug anhält. Eine einmalige stärkere Dosierung ist bei solcher Sachlage oft wirksamer als die Verabreichung in gebrochenen kleinen Gaben. Erstere ergibt im Boden einen Gasüberdruck, der eine gleichmäßigere Verteilung und bessere Nachwirkung gewährleistet. Bei Versuchsentseuchungen in schweren Böden ist die Abnahme der Ergebnisse längere Zeit hinauszuschieben als bei solchen in leichteren. Zweifelhaft tote, vielleicht in Narkose liegende Tiere sind zwecks weiterer Beobachtung isoliert zu halten.

Im Einzelnen liegen über Bodenentseuchungen mit Schwefelkohlenstoff und Schwefelkohlenstoffemulsion folgende Erfahrungen vor:

Über Behandlung von Bodenmüdigkeit i. a. s. S. 191; sie ist auch in müden Kaffee-, Zuckerrohr- und Tabakböden erfolgreich.[1])

Die gegen pflanzliche Krankheitserreger erhaltenen günstigen Ergebnisse beruhen wohl meistens auf dem stark wachstumsfördernden Einfluß der Behandlungen. Empfohlen werden Bodenentseuchungen gegen *Pseudomonas tumefaciens* (?)[2]), *Rosellinia necatrix*[3]), Vermehrungspilze in Anzuchtkästen und Vermehrungshäusern[4]) und Schwärze des Meerrettichs.[5]) Während Macagno[6]) gegen Wurzelschimmel und Fawcett und Lee[7]) gegen *Armillaria mellae* Erfolge hatten, bezeichnet Foëx Schwefelkohlenstoff als gegen Pilze nicht wirksam. Auch Staehelin[8]) erzielte gegen *Pythium* nur eine mäßige Wirkung (200 g/qm).

Die völlige Vernichtung von schädlichen Nematoden im Freiland[9]) ist selbst unter geeigneten Bodenverhältnissen wegen der benötigten hohen Schwefelkohlenstoffmengen (nach Hollrung 400 g/qm) unwirtschaftlich, da im Interesse der Wirkung außerdem eine oberflächliche Bodenbewässerung benötigt wird.

---

[1]) Loew, O., Soil disinfection in agriculture. Porto Rico Agr. Exp. St., Circ. **11**, 1909 (Zentralbl. Bakt. II, **29**, 1911, 234).

[2]) Kordes, s. S. 172[7]).

[3]) Dufour, Viala und Foëx nach Rolet, s. S. 195[1]); Miège, s. S. 168[8]).

[4]) Miège, s. S. 168[8]); Staehelin et Porchet, s. S. 157[7]).

[5]) Hiltner, s. S. 195[1]).

[6]) Macagno, s. S. 195[1]).

[7]) Fawcett, H. S., and Lee, H. A., Citrus diseases and their control. Mc Graw Hill Book Co. 1926; Foëx, E., De la préservation des semis et des jeunes végétaux contre les maladies cryptogamiques et les parasites animaux par la stérilisation du sol. Jl. Soc. Nat. Hort. France **22**, 1921, 242—254.

[8]) Staehelin et Porchet, s. S. 157[7]).

[9]) Kühn, s. S. 155[7]), 89; Hollrung, s. S. 156[9]), 137; Baunacke, s. S. 134[2]), 200.

Nach Schoevers wirkt Schwefelkohlenstoffsapikatemulsion[1]) auf Nematoden nicht besser als reiner Schwefelkohlenstoff. Mischung der Schwefelkohlenstoffemulsion (1 : 50) mit Formaldehyd (37 %) im Verhältnis 1 : 1 oder auch 3 : 2 ergab eine völlige Vernichtung der Älchen.[2])

*Gryllotalpinen*[3]) werden besonders in Frankreich seit langem mit Schwefelkohlenstoff (13—133 g/qm bei ein- und zweimaliger Wiederholung) bekämpft. Feytaud empfiehlt Anwendung Ende September oder Mitte Winter, Lang im Juni. Thomas wässerte erfolgreich mit Schwefelkohlenstoffemulsion (1 Teil auf 400 Teile Wasser); indessen kam bei gleicher Wirkung Zyannatrium billiger.

Gegen folgende Lepidopteren sind Schwefelkohlenstoffbehandlungen des Bodens genannt worden: *Hypopta caestrum*[4]), *Carpocapsa pomonella*[5]), *Argyroploce antiquana*[6]), *Bembecia marginata*[7]), *Porina spec.*[8]), Puppen von *Cheimatobia brumata*[9]) und Raupen von *Noctuiden.*[10])

Gegen Dipteren wurden Bodenentseuchungen in folgenden Fällen durchgeführt: Gegen *Ceratitis capitata*[11]), *Rhagoletis cerasi*[12]), verschiedene *Chortophila-*

---

[1]) Schaffnit, E., und Weber, H., Versuche zur Bekämpfung des Wurzelälchens *(Het. radicic.)*. Anz. f. Schädlingskunde **5**, 1929, 17 (Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 77—78); Gleisberg, J., Wurzelälchenbekämpfung mit Schwefelkohlenstoff-Sapikat-Gemisch. Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 217—220; **76**, 1930, 34; Schwartz, Richtlinien für die Bodenbehandlung mit Schwefelkohlenstoffsapikat. Mecklenburg. Landw. Wochenschr. **15**, 1931, 527; Schoevers, s. S. 142[1]), 9.

[2]) Chapman, P. J., and Parker, M. M., Carbon disulphide emulsion for the control of a nematode. Sci. **70**, 1929, 18; Guba, E. F., Carbon disulphide emulsion for the control of the root-knot nematode. Mass. Agr. Exp. St., Bull. **292**, 1932, 16 S. u. Phytopath. **23**, 1933, 13.

[3]) Peyran, Contre les courtilières. L'Apicult. **67**, 1913, 216—217; Marchal, P., et Prillieux, E., Rapp. Phytopath. 1914. Ann. Serv. Epiphyt. **3**, 1916, 1—30; Feytaud, J., La courtilière *(Gryllotalpa vulgaris)*. Bull. Soc. Etud. Vulg. Zool. Agr. **16**, 1917, 49—56; Ders., Rev. Zool. Agr. **32**, 1933; Miège, s. S. 168[8]); Rolet, s. S. 195[1]); Chittenden, F. H., The Porto Rico mole-cricket in South Carolina and Florida. Jl. Ec. Ent. **13**, 1920, 149—150; Delassus, La lutte contre les courtilières dans les jardins maraîchers de Fort-de-l'Eau (Alger). Rev. Agr. Afr. Nord **21**, 1923, 603—606; Watson, s. S. 177[6]); Verestchagin, B., *Gryllot. gryllot.* Furnika 1926, 111—112; Thomas, W. A., The control of the Porto Rican mole-cricket, or changa, on golf courses. Bull. U. S. Golf Assoc. Green Sect. **6**, 1926, 179 bis 200.

[4]) Jean, C., *Hypopta caestrum*, a microlepidopteron injurious to asparagus in France. Petit Provençal **48**, 1922, 5 (Internat. Rev. Sci. and Pract. Agr. **13**, 1922, 1414).

[5]) Truelle, A., La destruction de la carpocapse des noix. Vie Agr. et Rur. **31**, 1927, 184—186.

[6]) Riols, P., Le ver du crosne *(Argyroploce antiquana)* parasite nouveau pour la région de l'est. Rev. Path. vég. Ent. agr. **17**, 1930, 161—163.

[7]) Headlee, T. J., and Ilg, C., Some facts relative to the rapsberry crown borer *(Bembecia marginata)*. Jl. Ec. Ent. **19**, 1926, 471—477.

[8]) Cockayne, A. H., The subterranean grass-caterpillar. Jl. Agr. Well. **11**, 1915, 13—17.

[9]) Blanchard, E., Dégâts causés aux arbres fruitiers par la Cheimatobie dans la vallée du Rhône. Vie Agr. et Rur. **16**, 1920, 169.

[10]) Pour combattre les vers gris de la vigne. Vie Agr. et Rur. **7**, 1917, 102; Degrully, L., Deux vieux ennemis de la vigne: le ver gris, l'Altise. Prog. Agr. et Vitic. **77**, 1922, 413 bis 419.

[11]) Blakeslee, s. S. 182[13]); Borg, P., Plant Patholog. Rep. Sup. Agr. Malta, 1930, 14—18.

[12]) Bongini, s. S. 189[7]); Wiesmann, s. S. 141[4]), 747 u. S. 160[7]), 322; Thiem, s. S. 160[7]), 59.

Arten[1]), *Hylemyia brunnescens*[2]), *Metoponia rubriceps*[3]), *Tipula oleracea*[4]), *Bibio johannis*.[5])

Von Coleopteren ist folgendes zu bemerken:

Chrysomeliden: In Frankreich wurden mit 950 l/ha Schwefelkohlenstoff Käfer und Nymphen von *Leptinotarsa decemlineata* bis zu 60 cm Tiefe getötet.[6])

Elateriden[7]): Für den Allgemeingebrauch von Adrianov, Marre und Miles als zu teuer, unpraktisch oder gar wertlos bezeichnet. Marlatt sowie Lane und Gibson haben für wertvolle Kulturen die erfolgreiche Anwendung von Schwefelkohlenstoff nach Targioni Tozetti (30 g/qm) bestätigt, wenn auf gleichmäßig lockerem Boden von 10%iger Feuchtigkeit und einer Temperatur von über 10° je 28 g auf ½ m voneinander entfernte Löcher von 10 cm Tiefe verteilt werden. Erfolg hält wenigstens 3 Jahre an. Headlee hat auf Grund eingehender Vergleichsuntersuchungen im Laboratorium, Kalthaus und Freiland mit Schwefelkohlenstoff, Schwefelkohlenstoffemulsionen und Kalziumzyanid festgestellt, daß bei gleichem Insektizidgehalt die Schwefelkohlenstoffemulsion wirksamer ist als reiner Schwefelkohlenstoff. Im Mai bei 15—16° ausgeführte Behandlungen waren wirksamer als solche im April bei 10°. Lichatschev berichtet über erfolgreiche Drahtwurmbekämpfung mit Motorpflug, der mit Hilfe der heißen Auspuffgase Insektizid vergast (140 kg/ha).

Cerambyciden: Gegen Larven von *Vesperus xatarti* in trockenen Böden mußte Behandlung mit 20—25 ccm auf 3—4 Löcher je Rebstock 2—3 mal wiederholt werden.[8])

---

[1]) *Ch. brassicae*: Macdougall, R. S., Insect pests in Scotland 1912. Trans. Highl. and Agr. Soc. Scotl. 1913; Hinds, s. S. 195[1]); O'Kane, s. S. 195[2]); *Ch. floralis*: Vasina, A. N., Trud. Opuitno-Issled. Vred. Moskovsk. Zemel. Otd. 1927, 63—89; *Ch. fuscipes*: Watson, J. R., Florida truck and garden pests. Univ. Florida Agr. Exp. St., Bull. **134**, 1917, 35—127.

[2]) Bruneteau, J., La mouche de l'oeillet, *Hylemyia brunnescens*. Rev. Zool. Agr. Appl. **29**, 1930, 37—46. [3]) Jarvis, E., Queensl. Agr. Jl. **24**, 1925, 100—102. [4]) Faes, s. S. 164[8]).

[5]) Morris, H. W., On the larval and pupal stages of *Bibio johannis*. Ann. Appl. Biol. **4**, 1917, 91—109.

[6]) Feytaud, s. S. 141[1]) u. S. 184[4]); Fryer, J. C. T., Colorado potato beetle at Tilbury. Jl. Min. Agr. **41**, 1933, 1058—1062.

[7]) Targioni-Tozetti, Stat. sperim. agr. ital. 1889, 147; Karel, M., Zur Drahtwurmbekämpfung. Fühlings landw. Zeitg. **62**, 1913, 313; Mizerova, F., Tätigkeitsber. Ent. Bur. Orel Zemstvo Gov. Orel 1915; Adrianov, A. P., Untersuchung und Bekämpfung von Drahtwürmern. Ent. St. Zemstvo Gov. Tula 1916, 192—205; Marre, F., Les animaux nuisibles au blé en cours de végétation. Jl. Agr. Prat. **32**, 1919, 450—451 u. 493—494; Régnier, R., Un ennemi des plantes potagères, *Corymbites latus*. Bull. Soc. Path. Vég. France **8**, 1921, 21—24; Miles, H. W., Some important insect pests of strawberries. Jl. Bath and West and South. Count. Soc. **16**, 1921/22, 16 S.; Headlee, 1925 u. 1926, s. S. 179[3]); Ders., Rep. N. Jers. Agr. Exp. St. 1931, 121—200; Miwa, J., and Yanagihara, M., The effect of elaterid beetles on sugar-cane planting in Formosa. J. Trop. Agr. **1**, 1929, 275 bis 289; Marlatt, C. L., Rep. Chief Bur. Ent. U. S. Dep. Agr. 1929 u. 1931; Lane, M. C., and Gibson, K. E., Carbon disulphide as a control for wireworms. Jl. Ec. Ent. **25**, 1932, 958—967; Jones, E. W., The influence of temperature on the toxicity of carbon disulphide to wireworms. Jl. Ec. Ent. **26**, 1933, 887—892; Lane, M. C., Rec. progress in the control of wireworms. Proc. Wld.'s Grain Exhib. a. Conf. 1933. **2**, 1935, 529—534; Lichatschev, A., Sterilisation des Bodens durch Gase. Mitt. d. Inst. f. Pflanzenschutz. Leningrad 1933, 126—128.

[8]) Un insecto que causa graves daños a los viñedos, *Vesp. xatarti*. Rev. Instit. Agr. Catal. San Isidro 1913, 23—26; Trabajos de las estaciones de patologia veget. Bol. Estación Pat. Veg. **1**, 1926, 107—113; Karumidze and Novitzkaya, T. N., Tests of insecticides to be used against *Zabrus tenebrioides*. Plant Prot. 1935, 81—82.

Curculioniden: Gegen Larven, Puppen und Käfer von *Otiorrhynchus ovatus*[1]) hat sich Bodenbehandlung mit unter gasdichter Decke aufgestelltem Schwefelkohlenstoff und mit Schwefelkohlenstoffemulsion (Mc Daniel) bewährt. Anwendung kurz nach der Erdbeerernte vor der Eiablage des Schädlings. Troitzky[2]) empfiehlt gegen *Rhynchites auratus* transportable Kästen aus Eisenblech mit Eingießloch oder ein am Baumstamm festgebundenes Zelt, dessen dem Boden aufliegendes Ende mit Erde beworfen wird.

Scarabaeiden: Gegen alle Entwicklungsstadien von *Lepidiota*[3]) war von allen Bodeninsektiziden Schwefelkohlenstoff am erfolgreichsten. Weitere Erfahrungen liegen vor gegen *Odontria*[4]), *Leucopholis*[5]), *Lachnosterna*[6]), *Dynastinen (Dyscinetus, Ligyrus, Podalgus, Pentodon)*[7]), *Cetoniinen (Allorrhina, Oxythyrea)*.[8])

---

[1]) Melander, A. L., and Yothers, M. A., 25. u. 26. Ann. Repts. Wash. St. Coll. Agr. Exp. St., Bull. **127**, 1915, 30—38 u. **136**, 1917, 35—42; Melander, A. L., Ann. Rep. 1916 N. Yakima, C. Hort. Dep.; Ders., Strawberry root weevil. Rep. Proc. Wash. St. Hort. Assoc. 1917, 4 S., s. a. S. 176[2]); Fulmek, L., Erdbeerwurzelrüßler, *Otiorrhynch. ovatus*. Gartenztg. Wien 1930, 3 S.; Mc Daniel, E. L., The strawberry root-weevil, *Otiorrhynch. ovatus*, as a conifer pest. Jl. Ec. Ent. **25**, 1932, 841.

[2]) Troitzky, N. N., Material zur Biologie von *Rhynchites auratus*. Gov. Ent. St. Turkestan 1913.

[3]) *L. albohirta (hirta):* Jarvis, E., Cane beetle control. Queensl. Agr. Jl. **17**, 1922, 36 bis 39. **27**, 1927, 270—271. **29**, 1928, 107—113. **39**, 1933, 60; Ders., 25. u. 32. Ann. Rep. Bur. Sug. Exp. St., Queensl. 1925, 17—22 u. 1932, 51—55; Jarvis and Burns, s. S. 180[2]); Cottrell-Dormer, W. C., Cane pests and diseases. Queensl. Agr. Jl. **21**, 1924, 363—368. **22**, 1924, 275—277 u. 419—424; *L. frenchi:* Illingworth and Jarvis, s. S. 162[9]); Jarvis, E., Ent. advice to canegrowers. Queensl. Agr. Jl. **28**, 1927, 554—555; Mungomery, R. W., Rep. Ent. 29. Rep. Bur. Sug. Exp. St., Queensl. 1929, 45 u. 46; *L. trichosterna:* Mungomery, R. W., Cane grub activity. Queensl. Agr. Jl. **30**, 1928, 513—514.

[4]) Cottier, s. S. 163[1]).

[5]) Leefmans, S., De cassave-oerets. Meded. Lab. Plantenziekt. Nr. **13**, 1915; Otanes, E. R., Philipp. Agr. Rev. **17**, 1924, 109—119.

[6]) Bol. Fomento Costa Rica **3**, 1913, 130—133; Cook, A. J., The white grubs. Mthly. Bull. St. Comm. Hort. Cal. **3**, 1914, 29—30; Headlee, T. J., Rep. Ent. Rep. N. Jers. Agr. Coll. Exp. St. 1916, 306—335; Puig y Nattino, J., Los parasitos vegetales y animales de las plantas cultiv. espontaneas. Repub. Orient. Urug. Min. Ind., Bol. **36**, 1919; Davis, s. S. 158[1]); Komp, W. H. W., The use of carbon bisulphide against the white grub. Soil Sci. **10**, 1920, 15—28; Bourne, B. A., Ent. a. mycol. work 1922/23. Rep. Dep. Agr. Barb. 1923, 8—9; Box, H. E., Rep. Porto Rico 1924; Rep. Cansas Agr. Exp. St., s. S. 180[3]); Dozier, H. L., Ann. Rep. Ins. Exp. St. P. Rico 1924/25. 1926, 115—124; Vandenberg, S. R., Rep. Ent. Rep. Guam. Agr. Exp. St. 1930. 1931, 23.

[7]) *Lig. fossator:* O bezouro doscanno viaes. Chac. e Quintaes, S. Paulo **13**, 1916, 248—249; *Lig. foss.* und *Pod. humilis:* s. S. 136[9]); Moreira, C., Os bessouros da canna de assucar. Bol. Min. Agr. Ind. e Comm., Rio d. Jan. **8**, 1919, 103—119; *Pod. humilis* und *Dysc. geminatus:* Moreira, C., Insectos nocivos dos arrozaes e seu combate. Alman. Agr. Bras. 1923, 193—194; *Pent. punct.:* Grassée, s. S. 182[11]); Ferrario, T., Un terribile devastatore di barbatelle. Giorn. Agr. Domenica **43**, 1933, 236; Borg, s. S. 198[11]).

[8]) *Allorrh. nitida:* Davis and Luginbill, s. S. 145[5]); Mc Kinney, K. B., and Milam, J., The green june beetle larva in tobacco plant beds. U. S. Dep. Agr., Farmers' Bull. **1489**, 1926; Lipp, J. W., An improved carbon bisulphide emulsion for the control of larvae of the japanese beetle. Jl. Ec. Ent. **20**, 1927, 801—805; *A. texana:* Nichol, s. S. 136[10]); *Oxyth. funesta:* Lesne, P., Insectes nuisibles aux arbres fruitiers. Jl. Agr. Prat. **27**, 1914, 307—311.

Im Kampfe gegen Engerlinge der Arten *Rhizotrogus*, *Amphimallus*, *Melolontha* und *Polyphylla*[1]) hat seit langem (Vermorel, 1881) Schwefelkohlenstoff bei Beachtung der Nebenumstände (Bodencharakter, Jahreszeit, Entwicklungszustand der Kulturen u. a.) vielfach mit befriedigendem Erfolg, besonders bei Massenbefall in Pflanzschulen, Verwendung gefunden. Die Dosierung wechselt nach den Umständen; 30—80 g/qm sollen, auf eine Anzahl Löcher verteilt, alle Larven zerstören. Zvierezomb-Zubkowsky fand, daß bei Verabreichung von 4 g durch Injektor in Tiefen zwischen 7 und 10 cm 8%, zwischen 13 und 15 cm 15%, von 5—7 g zwischen 15 und 18 cm 100% der Larven getötet wurden. Im allgemeinen wird oberflächliche Verabfolgung empfohlen (Faes, Pospielov). In Rußland wurden wiederholt in angemessenem Abstand mit Schwefelkohlenstoff getränkte Watteknäul von Walnußgröße versenkt (Zvierezomb-Zubkowsky, Shembel). Printz bevorzugte Auflösungen von Schwefelkohlenstoff in Paradichlorbenzol oder beide Mittel getrennt für Rebstecklinge. Ambrosi hatte selbst bei Anwendung von 120 bis 150 g/qm keinen befriedigenden Erfolg. Mungomery benutzte zur Bekämpfung von Lamellicornierlarven an älteren Zuckerrohrpflanzen 2 Teile Schwefelkohlenstoff und 1 Teil Orthodichlorbenzol.

Gegen Larven von *Popillia japonica*[2]) bewährte sich vor allem die Emulsion

[1]) Vermorel, V., Emploi du sulfure de carbone en horticulture. 1901; Vermorel, V., and Crolas, The use of carbon bisulphide against *Phylloxera* and other insect enemies of plants. Libr. Prog. Agr. et Vit. 1915, 132 S.; Decoppet, M., Action du sulfure de carbone sur les vers blancs et sur la végétation de quelques plantes forestières. Proc. verbaux Siences Soc. Vaud. Sc. Nat. 1912, Nr. 9; Pospielov, s. S. 182[11]); Mitscha, H., Zur Engerlingsbekämpfung mit Schwefelkohlenstoff. Wiener landw. Ztg. **64**, 1914, 325—326; Zvierezomb-Zubkowsky, E. V., Versuch zur Bekämpfung von *Mel.*-Larven mittels Schwefelkohlenstoff. Ref. Rev. appl. Ent. **3**, 1915, 228; Escherich, K., Die Maikäferbekämpfung in Bienwald. Ztschr. f. angew. Ent. **3**, 1916, 151; Pée-Laby, L., Pour se débarasser des vers blancs. Vie Agr. et Rur. **6**, 1916, 379—380; Tarnani, s. S. 182[11]); Guénaux, G., La destruction des hannetons. Vie Agr. et Rur. **7**, 1917, 441—443; Ravaz, L., Le ver blanc dans les pépinières. Prog. Agr. et Vit. **77**, 1922, 7—8; Fluhrer, s. S. 165[8]); Verestchagin, B., *Melol. mel.* und seine Bekämpfung. Furnika Kischinev 1922, 14 S.; Cotte, J., *Polyphylla fullo*, dans les vignobles du Var. Bull. Soc. Path. Veg. **9**, 1922, 260—262; Faes et Staehelin, s. S. 184[4]); Faes et Tonduz, s. S. 178[3]); Ambrosi, M., Der praktische Weinbau. Hermannstadt 1925; Printz, s. S. 135[1]) u. S. 188[1]); Shembel, S. Yu., 14. Ber. Astrachan Stat. Pflanzenschutz f. 1924. 1926; Geßner, A., Ein Beitrag zur Engerlingsbekämpfung, insbesondere in Rebschulen. Weinbau u. Kellerwirtschaft **7**, 1928, 97; Wiesmann, R., Vernichtung von Engerlingen in Pflanzschulen. Schweiz. Z. f. Forstwesen 1928, 295; Mungomery, R. W., Fumigations for cane grubs. Queensl. Agr. Jl. **34**, 1930, 562—563; s. auch S. 190[9]), 30. Ann. Rep.; Hengl, F., Zur Bekämpfung der Engerlinge im Weinbau, insbesondere in Rebschulen. Weinland 1931, H. 2 u. 3 (Landwirtschaft 1931, 62, 85, 127); Chigarev, s. S. 181[4]).

[2]) Leach, B. R., and Thomson, J. W., Experim. in the treatment of balled earth about the roots of coniferous plants for the control of japan. beetle larvae. Soil Sci. **12**, 1921, 43 bis 61; Dies., s. S. 178[2]); Howard, Rept. Ent. U. S. Dep. Agr. 1922 u. 1923; Fleming, s. S. 195[2]), S. 178[2]) u. S. 188[9]); Hardley, C. H., Rep. on jap. beetle work. 8. Ann. Rep. N. Jers. Dep. Agr., Bull. **37**, 1923, 49—52; Leach, B. R., Fleming, W. E., and Johnson, J. P., Soil insecticide investigations at the japan. beetle laboratory during 1923. Jl. Ec. Ent. **17**, 1924, 361—365; Leach and Johnson, s. S. 192[5]); Leach, s. S. 193[1]); Smith, s. S. 192[5]), Bull. **41** u. **45**; Ders., 11. Ann. Rep. N. Jers. St., Dep. Agr. 1926, 71—76; Leach, B. P., Lipp, J. W., and Fleming, W. E., Control of japanese beetle grubs. Pennsylv. Dep. Agr. Gen., Bull. **440**, 1927, 21 S.; Lipp, s. S. 200[8]); Cory, E. N., and Sanders, P. D., Soil treat-

von Fleming (1926). Herstellung der Stammlösung: 700 ccm Schwefelkohlenstoff, 77 ccm Ölsäure, 193 ccm Äthylalkohol (95%), 30 ccm Baumwollsamenöl (gereinigt) und 13,5 ccm Kalilauge. Sie ist auch gegen *A. orientalis*[1]) brauchbar. Für Großbehandlungen wurden automatische Emulgierapparate (Leach, Merritt, Dibble, Robey)[2]) konstruiert. Bei Temperaturen von 18—21° genügt nach Fleming zur Abtötung der Eier ein Schwefelkohlenstoffgehalt der Emulsion von 0,1% und zur Vernichtung der Larven ein solcher von 0,04%.

In Vergleichsuntersuchungen mit zahlreichen anderen Insektiziden (Benzylchlorid, Phenol, Ortho-Kresol, Naphthalin, Nikotin, Anilin, Nitrobenzol, Ortho-Nitrotoluol, Hexachloräthan, Brombenzol, m-Cymol, Chlorbenzol) hat sich Schwefelkohlenstoff hinsichtlich seiner gleichmäßigen Wirkung und Billigkeit immer wieder behauptet (Fleming, 1925).

Hymenopteren: Bekannt ist erfolgreiche Vernichtung der Erdnester von *Vespa* durch Eingießen von etwa 50—60 g Schwefelkohlenstoff.[3]) Sicherer wirken 40 ccm Schwefelkohlenstoff in 20 ccm Tetrachloräthan gelöst oder reichliche Mengen einer wässerigen Schwefelkohlenstoffemulsion. Letztere befriedigt auch gegen *Andrena perplexa*.[4])

Schwefelkohlenstoff hat sich zur Zerstörung von Ameisennestern vielfach bewährt. Größere Kolonien werden wegen mangelhafter Tiefenwirkung nur geschwächt. Höhe der Dosierung ist vom Nestumfang abhängig. Auflösung von Naphthalin oder Paradichlorbenzol in Schwefelkohlenstoff soll vorteilhaft sein.[5])

Rhynchoten: Über Erfahrungen gegen *Phylloxera vastatrix* s. S. 191. Beim Vernichtungsverfahren[6]) wird so viel Schwefelkohlenstoff aufgewendet, daß im Boden sämtliche Rebläuse und unterirdische Rebteile zerstört werden. Verbesserung des Vernichtungsverfahrens wurde neuerdings angestrebt durch Zusatz von Tetrachloräthan und Blausäure (!)[7]), von Nitrobenzol[8]), Petroleum[9]), Paradichlorbenzol[10]) und Sapikat.[11])

---

ment for control of the japan. beetle. Jl. Ec. Ent. **22**, 1929, 556—561; Stichler, G. B., Incidental effects following certain greenhouse practices in control of the japan. beetle. Proc. Pennsylv. Acad. Sc. **2**, 1928, 58—60; Fleming, W. E., and Baker, F. E., The use of carbon disulphide against the japanese beetle. Techn. Bull. U. S. Dep. Agr. **478**, 1935, 91 S.

[1]) Zappe and German, s. S. 178[4]); Britton, s. S. 178[4]); Britton and Zappe, s. S. 180[5]); Johnson, s. S. 192[5]); Lipp, s. S. 200[8]); Friend, R. B., The asiatic beetle in Connecticut. Bull. Connect. Agr. Exp. St. **304**, 1929, 585—664.

[2]) s. S. 193[1]).

[3]) Passy, P., A propos de la destruction des guêpes. Apicult. **60**, 1916, 17—18.

[4]) Sanders, P. D., Control of bees burrowing in lawns. Bull. Maryld. Agr. Exp. St. **298**, 1928, 196—197.

[5]) Hawley, R. C., and Record, S. J., Do ants kill tree about their colonies? Amer. For. Wash. Nr. 275, 22, 1916, 685—686; Cottrell-Dormer, s. S. 190[9]); Severin, H. C., House ants. S. Dakota St. Ent., Circ. **20**, 1920, 9 S.

[6]) Denkschrift betreffend Bekämpfung der Reblauskrankheit in Deutschland. 1—38, 1875—1932 (hier weitere Literatur).

[7]) Grether, s. S. 192[8]); Börner und Thiem, s. S. 183[3]), 167 u. 174; Thiem, s. S. 194[3]).

[8]) Börner und Thiem, s. S. 183[3]), 176—182; Thiem, s. S. 194[1]), 29 u. 44; Ders., s. S. 182[10]) u. S. 192[8]).

[9]) Börner, C., und Thiem, H., Über die Natur neuzeitlicher Reblausbekämpfungsmittel. Arb. Biolog. Reichsanst. **13**, 1925, 420; Printz, s. S. 135[1]); Thiem, H., und Kalandadze, L., Petroleum als Reblausbekämpfungsmittel. Z. angew. Entomolog. **18**, 1931, 319.

[10]) Printz, s. S. 188[1]), 1928.

[11]) Kroemer, s. S. 192[8]); Thiem, s. S. 182[10]).

Bei Anwendung kulturaler Mengen wird die reblaustötende Wirkung des Schwefelkohlenstoffes unsicher; unter günstigen Umweltbedingungen und bei sorgfältiger Arbeit ist mittels 70—100 g/qm Schwefelkohlenstoff weitgehende Bereinigung der Herde möglich.[1]) Nach Boiteau beträgt die insektizide Seitenreichweite bei Gaben von 10 g je Loch etwa 30—35[2]), nach Thiem während der Sommermonate aber nur 17—20 cm.

Unter Einbeziehung von Sicherheitsgürteln wird Schwefelkohlenstoffbehandlung gegen *Pseudococcus vitis (citri)*[3]) und *Margarodes vitium*[4]) empfohlen. Unter zahlreichen Insektiziden schnitt Schwefelkohlenstoffemulsion gegen 4. Larvenstadium von *Tibicen davisi*[5]) gut ab.

β) **Kaliumsulfokarbonat** (Natrium-, Kalzium-, Bariumsulfokarbonat)

Leicht wasserlösliches Salz, das im Boden unter dem Einfluß des Wassers und der Kohlensäure zerfällt in die insektizid wirkenden Gase Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff sowie in die düngend wirkenden Salze Kaliumkarbonat und Kaliumsulfat. Zur Bekämpfung der Reblaus von Dumas (1874)[6]) empfohlen und von Mouillefert[7]) eingehend untersucht, ist seine Anwendung an verhältnismäßig große Wassermengen gebunden (je ha ca. 100—150 cbm auf 400—500 kg), deren Beschaffung meist mit erheblichen Kosten verknüpft ist. Deshalb ist die praktische Bedeutung des Verfahrens beschränkt. In Frankreich wurden behandelt 1879 600, 1886 gegen 4500, 1894 fast 7800 und 1904 über 4000 ha reblausverseuchtes Rebgelände.

Die Behandlung kann während des ganzen Jahres, auch in den heißesten Monaten durchgeführt werden. Bei Verabreichung kulturaler Mengen treten in keiner Bodenart tödliche Rebschädigungen auf, auch erholen sich die durch die Reblaus geschwächten Stöcke rascher und vollständiger als bei der reinen Schwefelkohlenstoffbehandlung. Da die Wirkung auf Reblaus nicht immer befriedigt (50 g/qm auf 14 l Wasser)[8]), ist in Frankreich eine zweimalige Behandlung (am besten im Herbst und Frühjahr) befürwortet worden. In anderen reblausverseuchten Weinbauländern Europas hatte Verfahren der hohen Kosten wegen keine praktische Bedeutung. In der Schweiz und in Italien wurden 3%ige

---

[1]) Börner und Thiem, s. S. 183[3]); Thiem, s. S. 194[1]) u. S. 192[3]); Kissel, s. S. 194[1]).

[2]) Boiteau, s. S. 195[2]); Macagno, s. S. 195[1]) u. Das. **6**, 1880, 425.

[3]) Bodenheimer, Coccidae Palestine. Zionist. Organis. Agr. Exp. St., Bull. **1**, 1924, 84; Mangin, L., et Viala, P., Phthiriose de la vigne. Rev. Vitic. **20**, 1903, 525—527, 581 bis 584, 609—613.

[4]) Schurman, El *Margarodes vitium*. Min. Ind. Défensa Agr. Boll. Mens. (Uruguay) **3**, 1922, 117—121.

[5]) Wilson, J. W., *Tibicen davisi* Smith and Grosbeck *(Cicadidae)*, a new pest of economic importance. Florida Ent. **14**, 1930, 61—65.

[6]) Dumas, C. R. Acad. Sci. 1874, 1609.

[7]) Mouillefert, P., C. R. Acad. Sci. 1874, 2. sem. 645 u. 1184; Cornu et Mouillefert, s. S. 156[3]); Cauvy, B., C. R. Acad. Sci. **89**, 1879, 505; Mayet, s. S. 135[2]), 158—159 (Literaturangaben); Molinas, E., La destruction des parasites du sol. Prog. Agr. et Vit. **31**, 1914, 374—378; Castella, F. de, Sulpho-carbonate of potassium as a soil insecticide. Jl. Dep. Agr. Vict. **12**, 1914, 423—425; Miège, s. S. 168[3]).

[8]) Dewitz, J., Versuche mit sulfokarbonsaurem Kalium. Ber. Geisenheimer Lehranst. f. Garten-, Obst- u. Weinbau 1914/15, 100—101.

Lösungen von Kaliumsulfokarbonat bei Zusatz von 1% Schmierseife zur Entseuchung von mit Wurzelrebläusen und Reblauswintereiern besetzten Wurzel- und Blindreben mit Erfolg verwendet.[1])

Die Großbekämpfung anderer Bodenschädlinge scheiterte an den hohen Kosten des Verfahrens und an der unsicheren oder gar schädlichen Wirkung auf die Pflanzen.

Für die Anwendung des Mittels (1 Teil auf 100 l Wasser) in Gärtnereien zur Vernichtung von Schnecken, Drahtwürmern, Erdraupen, Engerlingen und Tausendfüßen hat sich Molinas eingesetzt. Tulpen und Nelken vertragen eine 1- und 2%ige Lösung, eine 5%ige ist schädlich. Zuchtbeetkästen können nach dem Trocknen der behandelten Erde bepflanzt werden.

Nach Staehelin und Porchet[2]) wirkte Verbindung (3% 10 l/qm) sehr stark fungizid, doch weniger günstig als Formalin.

#### $\gamma$) Kaliumxanthogenat

Verbindung gibt im feuchten Boden, gegebenenfalls bei Zugabe saurer Salze, Schwefelkohlenstoff ab. Sie hat sich im Kampfe gegen die Reblaus wegen des hohen Preises nicht eingeführt. De Ong[3]) hatte im Laboratorium und Freiland gegen *Heterodera radicicola* gute Ergebnisse. Tyler[4]) empfiehlt in Verbindung mit Kalziumphosphat und etwas Schwefel Salz für Baumschulen und Saatbeete an Stelle der kostspieligen Bodendämpfung.

### 10. Phenol- und Nitrophenolverbindungen

#### $\alpha$) Karbolsäure *(Phenol, carbolic acid)*, Kresol *(cresylic acid)*, Lysol

Karbolsäure und Kresol, die wirksamsten Bestandteile des Karbolineums, begünstigen nach ihrem verhältnismäßig raschen Abbau im Boden sehr auffällig Bakterien- und Pflanzenentwicklung.[5]) Als ein gegen Bodenmüdigkeit und Nematoden in Gewächshäusern im Herbst anzuwendendes Bodenentseuchungsmittel[6]) wurde Kresol, früher als *liquid carbolic acid* (97—99%) bezeichnet, in England sehr bevorzugt (Russel, Howard), aber neuerdings trotz bequemerer Handhabung durch die wirksameren Dämpfverfahren verdrängt.

Kühn[6]) hatte selbst bei unverdünnter Anwendung von Karbolsäure keine

---

[1]) Grassi, B., Moderne Gesichtspunkte zur Bekämpfung der Reblaus. Mthly. Bull. Agr. Intell. Plant Dis., Rom **6**, 1915, 1553—1571; Faes, H., et Staehelin, M., Le Phylloxéra gallicole et la désinfection des plantes de vignes. Ann. Agr. Suisse **23**, 1922, 295—303; Faes, H., Le phylloxéra gallicole. Prog. Agr. Vit. **88**, 1927, 400—421.

[2]) Staehelin et Porchet, s. S. 157[7]).

[3]) De Ong, E. R., Potassium xanthate as a soil fumigant. Jl. Ind. Eng. Chem. **18**, 1926, 52.

[4]) Tyler in Rep. Calif. Agr. Exp. St. 1927, 72—75.

[5]) Nobbe, F., und Richter, L., Über die Behandlung des Bodens mit Äther, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzol und Wasserstoffsuperoxyd und deren Wirkung auf das Wachstum der Pflanzen. Landw. Versuchsst. **60**, 1904, 433—448; Störmer, K., Über die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes und ähnlicher Stoffe auf den Boden. Jahresber. angew. Bot. **5**, 1907, 113—131; Mooser, W., Biol.-Chem. Vorgänge im Erdboden. Landw. Vers. Stat. **75**, 1911, 71—106.

[6]) Kühn, s. S. 155[7]), 88; Russel, s. S. 144[1]); Russel, E. J., and Petherbridge, E. F., Investigations on „sickness" in soil. Jl. Bd. Agr. **18**, 1912, 809—827; Howard,

genügende Abtötung von *Heterodera schachtii* erreicht. Dasselbe war in Holland bei Verwendung von Kresol, Mono- und Dichlorbenzol der Fall (Schoevers). Nach Howard steht Kresol dem Schwefelkohlenstoff nur insofern nach, als der behandelte Boden erst nach Ablauf von 10—12 Wochen in Kultur genommen werden kann. In Gewächshäusern, in denen 12 Jahre lang Tomaten kultiviert worden waren, wurden infolge Behandlung mit Kresol je 0,4 ha 15 t Tomaten mehr als auf unbehandelter und 7,25 t weniger als auf der mit Dampf behandelten Fläche geerntet (Bewley).

In Deutschland fand Kresol als Kresolseife und Parol lange Zeit zur oberflächlichen Entseuchung von Reblausherden Verwendung. Sehr nachteilig ist dabei die geschmackliche Beeinflussung der fast reifen Trauben.[1]) Die weniger stark riechenden Meta- und Para-Kresole wirken weniger reblaustötend als das stärker riechende Ortho-Kresol.[2])

Gegenüber beweglicheren Bodeninsekten[3]) sind Karbolsäure und Kresol nicht flüchtig genug; sie kommen daher mehr als Kontaktmittel in wässerigen Emulsionen oder in fester Mischung (mit gipshaltigem, trockenem Boden) für örtliche Verabreichungen in Frage.

Zur Vernichtung von Bodenpilzen, wie *Fusarium* und *Pythium debaryanum*, sind je kg Erde bis zu 50 g Kresol erforderlich (Russel, Jørgensen). Mit Karbolsäure erzielte Jørgensen[4]) ausgezeichnete Erfolge gegen *Pythium debaryanum* und *Plasmodiophora brassicae* (250 g / 10 l), keine gegen *Rhizoctonia solani*. Gegen Wurzelhalsfäule an Salatpflänzchen genügt eine Bodenvorbehandlung mit 0,5% Karbolsäure (5 l/qm)[5]). Brauchbar ist Kresolsäure auch zur Behandlung des Bodens gegen *Phymatotrichum omnivorum*.[6])

Chlorierte und nitrierte Kresole sind wirksamer; Chlorphenol soll viermal so giftig wie Phenol und Dichlorkresol fünfmal so giftig wie Kresol sein.[7]) Verbindungen sind wegen zu langsamer Entgiftung im Boden bisher ohne praktische Bedeutung geblieben.

---

s. S. 193[2]); Bewley, s. S. 143[2]), 1928 u. S. 142[1]), Bull. **22**; Schoevers, T. A. C., Proeven met verschillende middeln tegen't wortelaaltje. Versl. Mededeel. Plantenziektenk. Dienst **31**, 1923, 36; Ders., Grondontsmettingsproeven, Das. **34**, 1923, 46; Hortic. investigations at Cheshunt. Exp. a. Res. St. Cheshunt, Ann. Rep. **10**, 1924, 11—64; Stieltjes, D., Versl. v. het aaltjes-proefveld te Dalfsen. Tijdschr. Plantenziekten **36**, 1930, 105—111 (Z. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz **41**, 1931, 82).

[1]) Lüstner, G., Über den Einfluß des Geruches des Kresolseifenwassers auf den Geschmack der Weinbeeren und des Weines. Ber. Lehranst. Geisenheim a. Rh. f. 1904, 210 bis 222.

[2]) Moritz, J., Beobachtungen und Versuche, betr. die Reblaus *Phyll. vast.* und deren Bekämpfung. Arb. Biolog. Reichsanst. **6**, 1908, 556—566; Denkschr. betr. Stand d. Reblauskrankh. i. Deutschland f. 1904, S. 65 u. 73, f. 1905, S. 184 u. 197; Ditthorn, F., Über den Desinfektionswert der drei Kresolisomeren. Zentralbl. Bakt. I, **82**, 1919, 482—491; Buddin, s. S. 157[1]); Matthews, s. S. 153[1]).

[3]) Melander, s. S. 180[1]), Bull. **187**; Lichatschev, s. S. 199[7]).

[4]) Jørgensen, s. S. 161[6]).

[5]) Flachs, s. S. 174[9]).

[6]) King and Loomis, s. S. 174[8]).

[7]) Russel, 1919 u. 1923, s. S. 144[1]); Parker, s. S. 143[2]); Matthews, s. S. 153[1]).

β) **Pikrinsäure** (Trinitrophenol)

Wäßrige Lösungen von 0,1 bzw. 0,002% wirken auf Zysten des Rübennematoden tödlich.[1]) Vor der von Hebenstreit empfohlenen Anwendung einer 0,1%igen Lösung zur Bekämpfung von Älchen, Ohrwürmern u. a. an Dahlien und Begonien hat Voigtländer im Hinblick auf die große Empfindlichkeit der Pflanzen gewarnt.[2]) Nach Mach[3]) traten Wurzelbeschädigungen auch bei Anwendung einer Mischung von starkverdünnter Pikrinsäure mit Kalk, Reflorit genannt, ein. Im Gegensatz zu befriedigend verlaufenen Topfversuchen endigten Freilandversuche gegen Wurzelrebläuse (15—40 g je Rebe) ungünstig.[4])

## 11. Kohlenwasserstoffe und Mineralöle

α) **Benzin** *(petrol, gasoline, naphtha)*, **Benzol** *(benzene)*

Als Bodenentseuchungsmittel hat Benzin einen zweifelhaften Wert. Bei oberflächlicher Anwendung kann wegen seines niedrigen spezifischen Gewichtes keine Tiefenwirkung erwartet werden. Benzin und Rohbenzole haben sich zur Durchtränkung von Pflanzenresten im Boden und zur radikalen Vernichtung tierischer Entwicklungszustände, z. B. von *Leptinotarsa decemlineata* (4 bis 5 l/qm)[5]), bewährt.

Versuche mit zum Teil erheblichen Mengen (36 g/qm) gegen Engerlinge, Drahtwürmer, Ameisen und Nematoden schlugen meist fehl oder blieben im Ergebnis zweifelhaft. Ihnen entgegen stehen einige befriedigende Befunde gegen Engerlinge[6]), Drahtwürmer[7]), Staphyliniden[8]) und Dipterenlarven.[9]) Auch günstige Ergebnisse von Ritzema Bos[10]) mit Benzin an Lupinen, Hafer und Sommerweizen gegen Engerlinge, Drahtwürmer und Larven von *Tipula* und *Otiorrhynchus sulcatus* an Topfpflanzen stehen ziemlich vereinzelt da.

[1]) Chem. Fabr. von Heyden A. G., Verfahren zur Rübennematodenbekämpfung. D. R. P. Nr. 515 347. Zeitschr. Deutsch. Zucker-Ind. **81**, 1931, 199.

[2]) Hebenstreit, Pikrinsäure gegen die Älchenkrankheit bei Lorraine-Begonien usw. Möllers Deutsche Gärtnerztg. **36**, 1921, 254; Voigtländer, B., Nochmals: Pikrinsäure gegen die Älchenkrankheit bei Lorraine-Begonien. Das. **26**, 1921, 270.

[3]) Mach, F., Versuch mit Reflorit. Ber. Bad. Landw. Versuchsanst., Augustenberg 1907, 28—30.

[4]) Cornu et Mouillefert, s. S. 156[3]), 126—128.

[5]) Feytaud, s. S. 184[4]) u. S. 141[1]); Hilgendorff, G., und Trappmann, W., Bodendesinfektionsversuche. Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **6**, 1926, 59—61 (vgl. das. **4**, 1924, 56); Schwartz, M., Auftreten des Kartoffelkäfers in Stade. Das. **14**, 1934, 73; Speyer, W., Die Wirkung von Rohbenzol auf das Pflanzenwachstum. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **46**, 1936, 411—417.

[6]) Puig y Nattino, s. S. 200[6]).

[7]) Schenk, P. J., In en op den Boden levende Plantenvijanden. Tijdschr. Plantenziekten **25**, 1919, 101—125.

[8]) Vincent, Staphylinid injurious to turnips in France. C. R. Acad. Agr. France **2**, 1916, 87—88.

[9]) Ritzema Bos, J., Ziekten en beschadigingen, verorzeekt door dieren. Meded. Land-, Tuin- en Boschbouwschool **11**, 1917, 169—250.

[10]) Ritzema Bos, J., Die Vertilgung im Boden befindlicher Schädlinge durch Einspritzung von Benzin oder Schwefelkohlenstoff. Z. f. Pflanzenkrankheiten **8**, 1898, 42—46, 113—121 u. Versl. en Meded. Plantenziektenk. Dienst Nr. 44, 1925, 40 u. 41.

β) **Diphenylmethan** (Pyoctannin)

wird nach Schoevers[1]) in Holland von Blumenzüchtern gebraucht zur Bekämpfung von *Acrostalagmus, Pythium, Sclerotinia, Fusarium, Moniliopsis, Rhizoctonia*; man begießt den Boden, eventuell längs des Wurzelhalses der Pflanzen, mit 7—10 l einer 1%igen Lösung.

γ) **Naphthalin** (*naphthalene*)

Verbindung findet seit langem als Bodeninsektizid Anwendung, ist aber erst neuerdings in seinem begrenzten Wert erkannt worden.[2]) Seine von der Art der Verabreichung und vom Zustande des Bodens abhängige direkte Giftwirkung ist örtlich schwach und langsam, seine abstoßende Geruchswirkung dagegen für viele praktische Belange (Handelsgärtnereien, Gewächshaustreibereien, Spezialzüchtereien) bedeutungsvoll. Die Wirkung hält in feuchten und humushaltigen Böden weniger lange an als in sterilen und trockenen. Sie ist nicht von der Flüchtigkeit des Naphthalins, sondern von dem Gehalt des Bodens an abbaufähigen Bakterien abhängig. Unterschiede in der Zusammensetzung des Präparates (Phenolgehalt des Rohnaphthalins, Grad der Reinheit), Mannigfaltigkeit der Freilandverhältnisse und der tierischen und pflanzlichen Entwicklungszustände[3]) sind weitere Ursachen für die widerspruchsvollen Ergebnisse bei Verwendung von Naphthalin.

Sehr bemerkenswert sind die nahezu übereinstimmenden Erfolge von Behandlungen gegen folgende Dipteren: *Acidia heraclei*[4]), *Psila rosae*[5]), *Myodina vibrans*[6]), *Chortophila brassicae*[7]), *Hylemyia antiqua*[8]), *Tipuliden*[9]), *Pegomyia hyoscyami*[10]), *Contarinia pisi*[11]),

---

[1]) Schoevers, Versl. Meded. Plantenziektenk. Dienst Nr. 26, 1929 u. Nr. 63, 1931, 13; Plemper v. Balen, B. A., Het „omvallen" van stekken. Tijdschr. Plantenziekten **6**, 1900, 30.

[2]) Tattersfield, F., The decomposition of naphthalene in the soil and the effect upon its insecticidal action. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 57—80; Gray, P. H. H., and Thornton, H. G., Soil bacteria that decompose certain aromatic compounds. Zentralbl. Bakt. II, **73**, 1928, 74—96; Jacobs, S. E., The influence of antiseptics on the bacterial and protozoan population of greenhouse soils. I. Naphthalene. Ann. Appl. Biol. **18**, 1931, 98—136.

[3]) Staniland, L. N., and Walton, C. L., The use of naphthalene for the control of certain pests a. market gardens. Rep. Agr. Hort. Res. St. Bristol 1928, 103—105.

[4]) The celery fly (*Acidia heraclei*). Gard. Chron. **81**, 1927, 359; Staniland and Walton, s. [3]).

[5]) Thompson, H. W., Control of root flies in South Wales. Welsh Jl. Agr. **6**, 1930, 295 bis 301; Glasgow, H., The present status of carrot rust fly control in New York. Jl. Ec. Ent. **24**, 1931, 189—196.

[6]) Theobald, F. V., Ent. Dep.—Ann. Rep. Res. a. Adv. Dep. 1925/26, 5—22.

[7]) Rep. Ins. a. fungus pests on plants in England a. Wales 1917. Bd. Agr. Fish. 1918, 32; Staniland and Walton, s. [3]); Thompson, s. [5]); Miles, H. W., The control of the cabbage root fly. Jl. Min. Agr. **37**, 1931, 1227—1231; Krasnyuk, s. S. 189[6]); Edwards, E. E., Cabbage root fly. Jl. Min. Agr. **38**, 1932, 1230 u. das. **41**, 1934, 154; Goffart, H., Versuche z. Bekämpfung d. Kohlfliege mit Naphthalin. Anz. f. Schädlingskunde **8**, 1932, 44—45 u. S. 189[5]); Somerset, Cabbage root-fly. Gard. Chron. **81**, 1927, 397—398; Tomaszewski, Nitsche und Langenbuch, s. S. 170[2]), 285.

[8]) Gray, H. E., The onion maggot in Alberta. 54. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1924, 36—38; Hodson, W. E. H., and Beaumont, A., 2. Ann. Rep. Dep. Plant Path. Seale-Hayne Agr. Coll. 1926, 32 S.; Thompson, s. [5]).

[9]) Theobald, F. V., Ent. Dep. — Ann. Rep. Res. a. Adv. Dep. S. E. Agr. Coll. 1922/23, Append. B, 5—14 u. Some soil insects and their treatment. Jl. S. E. Agr. Coll., Bull. **5**, 1927; Thompson, s. S. 164[8]); Dawson, s. S. 160[5]).

[10]) Rambousek, F., Über Rübenschädlinge. Z. Zuckerind. tschechoslov. Republ. 1926, 357—360, 365—370, 373—378.

[11]) Barnes, H. F., New damage to peas by the pea midge. Jl. Min. Agr. **34**, 1927, 159—161.

*C. torquens*[1]), *Dasyneura arabis*[2]), *Bibio marci* und *B. johannis*[3]). Zur Anwendung gelangten je nach der Art der Verabreichung 25—135 g/qm: oberflächlich rund um die Pflanzen oder zwischen die Pflanzreihen oder in Drillfurchen vor dem Auspflanzen bzw. der Aussaat allein oder gemischt mit Erde, Kalk, Asche, Mineraldünger u. a., ohne oder mit ein- und zweimaliger Wiederholung in Zeitabständen von 7—10 Tagen. Bei trockner Witterung ist Erfolg weniger befriedigend.

Auf im Boden befindliche Puppen von *Rhagoletis cerasi*[4]) war gereinigtes (bis 490 g/qm) und Rohnaphthalin (70 g/qm) ohne jede Wirkung; mit Mengen von 200—250 g/qm konnte durch Ausstreuen unter die Bäume Verpuppung der Maden verhindert werden.

Die Bekämpfungsversuche gegen Larven von *Lepidoderma albohirtum*[5]) und *Popillia japonica*[6]) blieben bisher im Gegensatz zu solchen von *Anomala*, *Rhizotrogus* und *Melolontha*[7]) ohne praktische Bedeutung, obwohl es nach Lipp, der in besonderen Versuchen die abschreckende Wirkung auf *Popillia japonica* prüfte, nach Paradichlorbenzol am besten schützte. Bei oberflächlicher Ausstreuung oder Häufelung von Rohnaphthalin (300 kg/ha) werden bei Wiederholung im Abstand von etwa einer Woche die *Melolontha*-Weibchen von der Eiablage abgehalten. Das Verfahren ist auf Grasboden brauchbar, wenn das ausgestreute Naphthalin von Regen untergespült wird[8]).

δ) **Erdöl** (Petroleum, Kerosin, *crude petroleum*, *kerosene*)

Petroleum findet zur Reblausbekämpfung nur noch in der Schweiz Verwendung. In Deutschland[9]) hat es bis zur Vorherrschaft des Schwefelkohlenstoffes im großen Anwendung gefunden zur oberflächlichen Bebrausung der Reblausherde, zum Reinigen der Geräte, Schuhe und in Verbindung mit Schwefelkohlenstoff zum Angießen der Stümpfe abgeschlagener reblausverseuchter und reblausverdächtiger Reben. Später wurde es unter anderem durch Kresolseife und Saprosol ersetzt, nachdem sich auf Grund der Untersuchungen von Moritz eine nicht völlig befriedigende Wirkung auf Rebläuse und Reblauseier ergeben hatte. Da Petroleum sich wegen seiner geringen Oberflächenspannung im Boden stark ausbreitet und die Pflanzenreste für Rebläuse besiedlungsunfähig macht, ist es bei reichlicher Gabe für die oberflächlichen Entseuchungen dennoch brauchbar (Thiem und Kalandadze). Als Erstickungs- bzw. Kontaktgift zerstört Petroleum nur seßhafte Entwicklungszustände.

---

[1]) Müller, K. R., Über die Drehherzkrankheit des Kohles, verursacht durch die Gallmücke *Contarinia torquens*. Fortschr. Landw. **6**, 1931, 496.

[2]) Barnes, H. F., and Theobald, F. V., A new gall midge attacking *Arabis albida*. Jl. S. E. Agr. Coll. 1927, 54—55.

[3]) Collinge, W. E., 7. Ann. Rep. Jl. Land Agents' Soc. 1913, 1—24; Fulton, s. S. 189[6]).

[4]) Thiem, s. S. 160[7]), 59; Wiesmann, s. S. 160[7]), 321—322.

[5]) Jarvis, E., The life-history and control of insect affecting sugar-cane in North Queensl. Queensl. Agr. Jl. **21**, 1924, 28—33, 91—97 u. das. **24**, 1925, 219—223; Burns, s. S. 180[2]).

[6]) Fleming, s. S. 188[9]); Smith, Bull. **41** u. **45**, s. S. 192[5]); Lipp, s. S. 188[9]).

[7]) Romanovsky-Romanko, A., The treatment of an orchard. Mess. Gard. Fruit-Grow. a. Mark. Gard., Petrograd **56**, 1915, 748—775 u. **57**, 1916, 63, 73, 313, 364 u. 501; Guénaux, s. S. 201[1]); Theobald, s. S. 207[9]); Guyot, L., Maßnahmen gegen *Melolontha*. Jl. Agr. prat. **45**, 1926, 299—300; Marie, P., Utilisation de la naphthaline pour éloigner les hannetons femelles au moment de la ponte. Rev. Path. Vég. et Ent. Agr. **13**, 1926, 39—48; Löschnig, J., Bekämpfung der Engerlinge. Weinland 1932, 157—158; Faes, H., Staehelin, M., et Bovey, P., Les traitements effectués contre les parasites des acres fruitiers, insects et champignons, 1930 et 1931. Landw. Jb. Schweiz **46**, 1933, 71—72.

[8]) Kaysing, s. S. 165[8]) (hat versagt); Willaume, s. S. 194[2]), 29.

[9]) Moritz, J., Beobachtungen und Versuche, betr. d. Reblaus *Phylloxera vastatrix* und deren Bekämpfung. Arbeiten a. d. kaiserl. Gesundheitsamt **8**, 1893, 554; Ders., s. S. 205[2]), 1908; Thiem und Kalandadze, s. S. 207[9]).

Ausgezeichnete Ergebnisse berichtet Feytaud gegen *Leptinotarsa decemlineata.*[1]) Ferner hat sich Petroleum sehr bewährt zur Vernichtung der Puppen von *Perrisia pyri*[2]) sowie der oberflächlichen Nestanlagen von Termiten[3]) und Ameisen.

## 12. Teeröl

Teer und Teerfraktionen (*tar*, Kresot, *cresote*, Karbolineum einschließlich Obstbaumkarbolineum).

Teer wurde früher im Extinktivverfahren gegen Reblaus zwecks Vernichtung der Rebstümpfe verwendet.[4]) Zur radikalen Bodenentseuchung von *Leptinotarsa decemlineata* haben sich niedrig siedende Steinkohlenteerprodukte, wie Benzolvorlauf, Rohbenzol, Neutralöl roh und das Holzteeröldestillat Griftol, bewährt.[5]) Die meisten Anwendungsformen von Teerölen, Teerdestillaten, Kresot u. a. bestehen darin, daß diese in Mischung mit Erde, Kreide, Kalk, Gips, Sägespänen ausgestreut werden, und zwar entweder zwischen die Reihen gegen *Psila rosae*[6]), *Ceutorrhynchus pleurostigma*[7]), an die Basis der Kulturpflanzen gegen *Phorbia brassicae*[8]), oberflächlich eingedrillt gegen *Metaponia rubriceps*[9]) oder als Lösung direkt an die Bäume gegossen gegen Engerlinge.[10])

Im Gegensatz zu Staniland und Walton haben Cantoni und Schoyen gegen *Contarinia pyrivora* vor und nach Einbohren der Larven in den Boden schwere Teeröle vorteilhaft angewendet.[11]) Stärkere Teeremulsionen gaben auch ausgezeichnete Erfolge gegen Puppen von *Perrisia pyri.*[12])

Karbolineum wurde zur Hebung der Bodenfruchtbarkeit, zur Bekämpfung von Bodenschädlingen und Unkrautsamen vor allem von Hiltner[13]) in Form

---

[1]) Feytaud, J., Recherches sur le doryphore. Ann. Epiphyt. **18**, 1932, 97—220.

[2]) Miller, D., The pear leaf-curling midge. N. Z. Jl. Agr. **23**, 1921, 84—92.

[3]) Jepson u. a., Rep. 1929. Techn. Rep. 1929, Dep. Agr. Ceylon 1930, 25 S.; Ders., A note on the destruction of the nests of mound-building termites. Trop. Agricult. **76**, 1931, 67—69.

[4]) Denkschrift betr. Stand der Reblauskrankheit in Deutschland f. 1887, 38; Grassi, B., La lotta contro la fillossera nel Terramano 1901 al 1916. Boll. Minist. Agr. Ind. 15, 2. Ser. B., 1916, 69—135.

[5]) Hilgendorff und Trappmann, s. S. 206[5]); Hilgendorff, G., Über die für die Bekämpfung des Kartoffelkäfers zur Verfügung stehenden Teeröle. Nachrichtenbl. f. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **5**, 1925, 26—29 (vgl. das. **7**, 1927, 4—5).

[6]) Smith, K. H., and Wadsworth, J. T., The carrot and onion flies. Fruit Grower (London) **51**, 1921, 575—578, 616—618.

[7]) Benlloch, M., La lucha contra la „potra" de las coles. Bol. Estac. Pat. Veg. **1**, 1926, 105—106.

[8]) Stookey, E. B., A new root maggot treatment. Jl. Ec. Ent. **12**, 1919, 219—220; Brittain, s. S. 170[12]), 1924 u. 1927; Miles, s. S. 207[7]); Gasow, s. S. 170[2]).

[9]) Jarvis, s. 199[3]).

[10]) Preuß, P., Bekämpfung von Thrips und Engerlingen in Kakaopflanzungen. Tropenpflanzer **27**, 1924, 170—171.

[11]) Cantoni, G., Die Birngallmücke, einer der gefährlichsten Obstbaumschädlinge. Anz. Schädlingskde. **5**, 1929, 153; Staniland and Walton, s. S. 181[5]); Schoyen, s. S. 162[6]).

[12]) Miller, s. [2]).

[13]) Hiltner, L., Über neuere Ergebnisse und Probleme auf dem Gebiete der landwirtschaftlichen Bakteriologie. Jahrb. f. angew. Bot. **5**, 1907, 200—222; Ders., Über die Verwendung des Karbolineums im Obst- und Weinbau und in der Landwirtschaft. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **6**, 1908, 49, 61—64, 133.

von lockerem Humuskarbolineum empfohlen und von Loew[1]) u. a. gegenüber Schwefelkalk bevorzugt. Nach Popp[2]) versagt Humuskarbolineum, in der Nähe der Pflanzen untergebracht, bei Trockenheit, während es in feuchtem Boden den Ertrag steigert. Als Bodeninsektizid hat Obstbaumkarbolineum bisher vor allem gegen *Chortophila brassicae*[3]) und Maden und Puppen von *Rhagoletis cerasi*[4]) Bedeutung gewonnen.

## b) Saat- und Pflanzgutentseuchung

Von Dr. E. Riehm, Direktor der Biologischen Reichsanstalt, Berlin-Dahlem

(Abgeschlossen Januar 1936)

Es gibt drei Wege, auf denen man von pilzlichen oder tierischen Kranheitserregern freies Pflanz- oder Saatgut erhalten kann. Der eine besteht in der Verwendung immuner Pflanzensorten; gegen alle Krankheiten und Schädlinge immune Sorten sind aber nicht bekannt. Man wird also nur in einzelnen Fällen das Auftreten gewisser Krankheiten oder Schädlinge durch Verwendung immuner Sorten verhindern können. Der zweite Weg besteht in der Gewinnung des Pflanz- oder Saatgutes aus einwandfreien, von Krankheitserregern freien Beständen. Dieser Weg verspricht keinen sicheren Erfolg; bietet doch selbst die Saatenanerkennung keine Gewähr für absolut gesundes Saat- oder Pflanzgut. Der dritte Weg endlich besteht in der Entseuchung des Saat- oder Pflanzgutes durch chemische oder physikalische Mittel. Bei Verwendung eines geeigneten Entseuchungsmittels hat man sichere Gewähr, von Krankheitskeimen freies Saat- oder Pflanzgut zu erhalten.

Ein geeignetes Entseuchungsmittel oder -verfahren muß die zu beseitigenden Krankheitserreger völlig unschädlich machen, ohne das Pflanzgut zu schädigen. Die Handhabung des Mittels oder Verfahrens soll für die damit Arbeitenden möglichst ungefährlich sein. Die Kosten für die Anwendung in der Praxis bestimmter Entseuchungsmittel müssen wirtschaftlich tragbar sein; nur für wissenschaftliche Arbeiten können auch kostspieligere Entseuchungsverfahren angewendet werden.[5]) Während es sich bei wissenschaftlichen Versuchen häufig darum handelt, sämtliche dem Saat- oder Pflanzgut anhaftende Keime zu vernichten[6]), dieses also vollkommen zu sterilisieren, ist der Zweck der Entseuchung im praktischen Pflanzenschutz der, Saat- oder Pflanzgut von den

---

[1]) Loew, s. S. 167[10]).

[2]) Popp, M., Über die Steigerung der Bodenerträge durch geeignete Bodendesinfektion. Landw. Jahrb. **55**, 1921, 549—579; Ders., Humuskarbolineum gegen Pflanzenschädlinge. Deutsche Landw. Zeitg. **65**, 1922, 67.

[3]) Lang, W., Vorsicht beim Anbau von Kraut- und Kohlarten. Württembg. Wochenbl. Landw. 1921, 178; Krasnyuk, s. S. 189[5]); Goffart, s. S. 189[5]), 62; Tomaszewski, Nitsche und Langenbuch, s. S. 170[2]), 283; Gasow, s. S. 170[2]).

[4]) Wiesmann, s. S. 160[7]), 326; Thiem, s. S. 160[7]), 59 u. S. 183[5]); Erfolgreiche Bekämpfung der Kirschfliege in Feldmeilen. Schweiz. Zeitschr. Obst- u. Weinbau **45**, 1936, 279—281.

[5]) Vgl. z. B. die Anwendung von Silbernitrat zum Beizen von Gerste. Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, **28**, 1910, 492.

[6]) Verschiedene Desinfektionsmethoden finden sich bei Bokorny, Behandlung der Samen mit Giften usw. Biochem. Ztschr. **62**, 1914, 58.

Keimen bestimmter, gerade für die in Frage kommende Pflanzenart pathogener Organismen zu befreien.

Das Entseuchen der Getreidekörner von Brandpilzen, Fusarien und Helminthosporium wird bei uns allgemein als Saatgutbeizung bezeichnet. In ähnlicher Weise wie Getreide beizt man auch andere Sämereien, so z. B. die Samen von Gemüse, Zier- und Futterpflanzen, von Klee, Rüben usw. gegen die verschiedensten, mit dem Saatgut übertragbaren Krankheiten. Außer Sämereien beizt man auch Knollen (Kartoffeln, Gladiolen) und Zwiebeln (Küchenzwiebel, Hyazinthen, Tulpen usw.). Die Behandlung von Stecklingen (z. B. Reben, Hopfen) und ganzen Pflanzen wird dagegen als Entseuchen bezeichnet. Die Beizung von Knollen und Zwiebeln bezweckt ebenso wie die der Sämereien die Unschädlichmachung anhaftender pathogener Bakterien, Pilze oder Tiere. Die Behandlung von Saatgut zwecks Abtötung schädlicher Tiere bezeichnet man vielfach nicht als Beizung, sondern als Entseuchung oder Desinfektion.[1] Ein besonderer Grund, verschiedene Bezeichnungen für dasselbe Verfahren zu wählen, je nachdem ob pflanzliche oder tierische Schädlinge beseitigt werden sollen, ist nicht einzusehen. In der amerikanischen Literatur findet man die Ausdrücke „seed treatment" und „seed disinfection" bald für die Bekämpfung parasitischer Pilze, bald für die Bekämpfung schädlicher Tiere. Auch in England wird die Behandlung von Weizen gegen *Tylenchus* genau wie das Beizen gegen Brandpilze als „seed treatment" bezeichnet.[2] Hier soll die Entseuchung des Saatgutes als Beizung bezeichnet werden, gleichgültig, ob mit dem Verfahren Pilze oder Tiere abgetötet werden sollen. Wir bezeichnen mit dem Wort „Beizen" die chemische oder physikalische Behandlung von Saatgut (Sämereien, Knollen, Zwiebeln) zwecks Unschädlichmachung anhaftender bakterieller, pilzlicher oder tierischer Schädlinge oder zum Schutz der in den Boden gebrachten Saat vor Pilzen, Vögeln und Nagetieren. Wir unterscheiden $\alpha$) chemische Beizverfahren und $\beta$) physikalische Beizverfahren und behandeln zunächst die wirtschaftlich wichtigste Entseuchung, das

## 1. Beizen des Getreides

### $\alpha$) Chemische Beizverfahren

**a) Anwendung flüssiger Mittel.** Bei der Anwendung flüssiger Beizmittel, dem sog. Naßbeizverfahren, kommt es darauf an, das Saatgut mit der Flüssigkeit so zu behandeln, daß die Oberfläche der einzelnen Körner mit der Beizflüssigkeit vollkommen benetzt wird und daß die Flüssigkeit auch in die Samenschale bzw. in die äußeren Schichten des Saatgutes eindringt, sofern die zu bekämpfenden Krankheitserreger nicht nur außen am Saatgut sitzen. Die Flüssigkeiten, die man zum Beizen verwendet, sind meist Lösungen; vereinzelt werden auch Suspensionen gebraucht. In diese Beizflüssigkeiten wird das Saatgut eine bestimmte Zeitlang (Beizdauer) eingetaucht (Tauchbeizverfahren). Bei einer anderen Form des Naßbeizverfahrens wird die Beizflüssigkeit in abgemessener Menge auf das Saatgut gesprengt und das Saatgut gründlich umgeschaufelt,

---

[1]) Vgl. Trappmann, Schädlingsbekämpfung, Leipzig 1927, S. 301.
[2]) Vgl. Martin, The scientific principles of plant protection, London 1928.

um eine gleichmäßige Benetzung aller Körner zu erzielen (Benetzungsverfahren). Besondere Abarten des Benetzungsverfahrens sind das Bekrustungsverfahren, bei dem das Getreide mit einer Kruste fungizider Stoffe umgeben wird, und das Kurznaßbeizverfahren, bei dem man nur sehr geringe Mengen verhältnismäßig konzentrierter Beizlösungen anwendet.

Tauchverfahren. Die gründlichste Benetzung des Getreides erreicht man durch das Tauchbeizverfahren, das außerdem den Vorteil bietet, daß während des Beizens mangelhaft ausgebildete Körner und Brandbutten abgeschöpft und entfernt werden können. Man hat diese Form der Tauchbeize auch Abschwemmverfahren genannt.[1]) Bei diesem besonders für die Bekämpfung von *Tilletia tritici* empfohlenen Verfahren wird das Saatgut in dünnem Strahl langsam in die Beizflüssigkeit geschüttet, die dabei beständig umzurühren ist. Die aufsteigenden Brandbutten werden entweder durch Zugießen von Beizflüssigkeit abgeschwemmt oder mit Hilfe eines Siebes bzw. Durchschlags abgeschöpft und dann vernichtet. Nach Ablauf der vorgeschriebenen Beizdauer wird die Flüssigkeit aus dem etwas erhöht aufgestellten Beizbehälter in ein tiefer stehendes Gefäß abgelassen und das gebeizte Saatgut dünn zum Trocknen ausgebreitet.

Bei dem gewöhnlichen Tauchbeizverfahren wird das Saatgut im Sack in die Beizflüssigkeit getaucht. Der Sack muß wiederholt hin- und herbewegt werden, um die Luft zwischen den Körnern zu entfernen und eine gleichmäßige Benetzung aller Körner zu erzielen. Nach dem Beizen wird der Sack herausgenommen; man läßt über dem Beizbehälter abtropfen und schüttet endlich das Getreide zum Trocknen aus.

Die Wirkung des Tauchbeizverfahrens hängt ab von der fungiziden Kraft des verwendeten Beizmittels, von der Konzentration, in der dieses Mittel zur Anwendung kommt, von der Temperatur der Beizflüssigkeit und von der Beizdauer.

Als Beizmittel hat man nach Hollrung[2]) in vorchristlicher Zeit Wein oder Urin verwendet, später Kochsalzlösung, Alkohol, Äther usw. Glauber empfahl zum Beizen des Getreides sein Glaubersalz, ohne allerdings eine allgemeingültige Beizvorschrift geben zu können.[3]) Während die Anwendung dieser Mittel jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehrte, beruhte die Anwendung von Kupfervitriol auf der Entdeckung von Prevost, daß Brandsporen nicht mehr im Wasser keimten, das in einem kupfernen Kessel erhitzt worden war.[4]) Kühn[5]) hat das Beizen mit Kupfervitriol besonders eingeführt. Später wurde von Geuther[6]) als Beizmittel Formaldehyd empfohlen; in neuerer Zeit hat man vielfach

---

[1]) Vgl. Oberstein, Gedanken zur Steinbrandbeize. Ztschr. der Landwk. Schlesien **25**, 1921, 852.

[2]) Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes, ihre Ursachen und Behebung, Berlin 1919. — Derselbe, Die Verhütung des Brandes durch die Saatkornbeize. Landw. Jahrb. **26**, 1897, 145.

[3]) Vgl. Lippmann, von, Zur Geschichte der Samenbeizung. Die Dtsch. Zuckerind. **55**, 1930, 556.

[4]) Vgl. Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. Berlin 1919, S. 228.

[5]) Kühn, Die Krankheiten der Kulturgewächse usw. Berlin 1859, S. 88.

[6]) Geuther, Über die Einwirkung von Formaldehydlösungen auf Getreidebrand. Ber. d. Pharmaz. Ges. **5**, 1895, 325.

quecksilberhaltige Beizmittel verwendet, nachdem Hiltner[1]) den Nachweis erbracht hatte, daß durch Beizen von Roggen mit Sublimatlösungen der Schneeschimmel *(Fusarium nivale)* bekämpft werden kann. Sublimat ist zwar schon viel früher von Kellermann und Swingle[2]) versuchsweise gegen *Tilletia* angewendet worden, aber in so hohen Konzentrationen, daß die Keimfähigkeit des Weizens fast ganz zerstört wurde.

Über die zahlreichen chemischen Verbindungen (Natriumthiosulfat, Kaliumbichromat, Zinksulfat, Kupferchlorür, Kupfernitrat, Kupferazetat, Salizylsäure[3]), Karbolsäure, Lysol, Pikrinsäure, Chinosol, Perocid, Terpentin, Schwefelsäure, Salzsäure, Essigsäure, Kali- und Natronlauge, Arsenverbindungen usw.) findet man u. a. Angaben bei Hollrung[4]), Lehmann[5]) und Plaut[6]). Zum Schutz gegen Vogelfraß beizt man mit Teerpräparaten oder mit Farbstoffen, denen Aloe zugesetzt wird.[7])

Die Temperatur der Beizlösung ist insofern von Bedeutung, als sehr kalte Beizlösungen eine geringe fungizide Wirkung haben; es wird daher empfohlen, Lösungen von über 5° C anzuwenden.[8]) Erwärmte Beizlösungen wirken stärker fungizid.[9]) Man hat deshalb zur Ersparung der Kosten für die Beizmittel verdünntere Lösungen von 40° C angewendet und hiermit denselben Erfolg erzielt wie mit konzentrierteren Lösungen von etwa 10° C.[6]) Bei einstündiger Beizdauer wählt man am besten eine Temperatur von 35 bis 40° C.[10]) Die Anwendung erwärmter Beizlösungen ist aber nur dort lohnend, wo geeignete Wärmequellen ohnehin zur Verfügung stehen.

Die Beizdauer muß je nach der fungiziden Kraft des Beizmittels und der Temperatur der Lösung verschieden gewählt werden. Während Kühn noch eine Beizdauer von 14 Stunden vorschrieb, werden die modernen Beizmittel meist nur in halbstündiger oder noch kürzerer Beizdauer angewendet. Man gibt Beizmitteln, die bei kurzer Beizdauer wirken, den Vorzug, weil das Saatgut dann nicht so stark Wasser aufnimmt und deshalb leichter zurückgetrocknet werden kann. Lundegardh[11]) stellte fest, daß eine zu kurze Beizdauer schädlicher wirken kann als eine längere. Es ist selbstverständlich, daß die Wirkung der Beizflüssig-

[1]) Hiltner, Aufruf zur Beizung des Saatgutes. Wochenbl. d. landw. Ver. i. Bay. **100**, 1910, 1059 und Hiltner und Ihssen, Über das schlechte Auflaufen und die Auswinterung des Getreides usw. Landw. Jahrb. in Bay. **1**, 1911, 323.

[2]) Kellermann and Swingle, Preliminary Experiments with Fungicides etc. Kansas St. Agric. Coll. Exp. St., Bull. **12**, 1890.

[3]) Vgl. die Arbeiten von Hermann und Neiger in Beihefte Bot. Zentralbl. Abt. A. **52**, 1934, 577 und Zentralbl. Bakt. Abt. II, **90**, 1934, 258.

[4]) Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. Berlin 1919, S. 271.

[5]) Lehmann und Aichele, Keimungspsychologie der Gräser. 1931, S. 327.

[6]) Die Wirkung von warmen Beizmitteln und Versuche zur Stimulation. Angew. Bot. **7**, 1925, 153 und Beiz- und Stimulationsversuche. Ztschr. f. Pflanzenkr. **36**, 1926, 321.

[7]) Schwartz, Saatenschutz gegen Krähen. Mitt. der Biol. Reichsanst. **8**, 1909, 35.

[8]) Lang, Die Bedeutung der Temperatur beim Beizen. Nachrichtenbl. f. d. D. Pfl. D. **5**, 1925, 29.

[9]) Herzberg, Dissertation 1895, zit. nach Hollrung, Berlin 1919, S. 231.

[10]) Nagel, Über die Einwirkung höherer Temperatur usw. Angew. Bot. **7**, 1925, 304.

[11]) Lundegardh, Studien über die Wirkung der pflanzenpath. Beizmittel. Biol. Zentralbl. **44**, 1924, 465.

keit nicht aufhört, wenn das Saatgut aus der Lösung entfernt wird. Während des Trocknens wird die dem Saatgut anhaftende Beizlösung allmählich konzentrierter und wirkt noch weiter ein. Infolgedessen kann auch die Art der Trocknung die Beizwirkung weiter beeinflussen, insofern als bei schneller Trocknung die Beizdauer kürzer ist als bei langsamer Trocknung. Zur Abkürzung des Trocknungsprozesses hat man schon im 18. Jahrhundert in England den in Salzlösung gebeizten Weizen mit gesiebtem gelöschtem Kalk gemischt.[1] Dieses Verfahren, bei welchem der Ätzkalk „in erster Linie als Trocknungsmittel" verwendet wird, ist im Jahre 1926 patentiert worden.[2] Dem Kalk können nach diesem Patent noch Fungizide oder Stimulantien zugesetzt werden.

Die Wirkung eines Naßbeizmittels beschränkt sich aber nicht nur auf die Zeit der Beizung und Trocknung; auch während des Lagerns des gebeizten Saatgutes kann eine Wirkung eintreten und ebenso nach der Aussaat im Boden. Gaßner[3] hat die Wirkung im Boden als „sekundäre Beizwirkung" bezeichnet, die Wirkung während des Beizens und Trocknens als „primäre Beizwirkung". Die Wirkung während der Lagerung nennt Hiltner „Lagerbeizwirkung".[4] Bei der Anwendung des Tauchbeizverfahrens kommt besonders die primäre Beizwirkung zur Geltung; die sekundäre äußert sich bei einigen quecksilberhaltigen Präparaten in einem gewissen Schutz vor einer Nachinfektion. Um das Getreide möglichst nachhaltig zu schützen, hat man vorgeschlagen, der Beizlösung Kolloide (Eiweiß, Leim, Gelatine, Kasein) zuzusetzen und das gebeizte Getreide dann in eine zweite Lösung einzutauchen, die das Kolloidsol in ein Gel verwandelt. Man soll z. B. mit $\frac{1}{2}$% $CaSO_4$ beizen, dem $\frac{1}{4}$—1% Leim zugesetzt ist, dann wird das Getreide in eine $\frac{1}{4}$%ige Tanninlösung gebracht. An Stelle der Leim-Tannathaut kann man auch eine Leim-Chromathaut erzielen.[5]

Eine Lagerbeizwirkung ist beim Formaldehyd zu beobachten; beim langsamen Trocknen des mit Formaldehyd gebeizten Getreides bildet sich Paraformaldehyd, und dieser wirkt während der Lagerung des gebeizten Getreides. Diese Lagerbeizwirkung äußert sich darin, daß die Keimfähigkeit des Getreides während der Lagerung abnimmt.[6] Die Wirkung der Beizmittel, sei es primäre Lagerbeizwirkung oder sekundäre, erstreckt sich auf den Schädling, der bekämpft werden soll, und auf das gebeizte Saatgut.

Die Wirkung auf den Pilz kann darin bestehen, daß dieser abgetötet wird, oder darin, daß die Keimung der Pilzsporen verhindert oder verzögert wird. Nur im ersten Falle ist die beim Beizen bezweckte Unschädlichmachung des Krankheitserregers sicher erreicht. Wird die Keimung der Brandsporen nur verhindert, wie z. B. die Keimung von *Tilletia tritici* durch Beizen mit Kupfer-

---

[1] Vgl. Schulthess, Vorschlag einiger durch die Erfahrung bewährter Hilfsmittel gegen den Brand im Korn. Abh. d. Naturf. Ges. in Zürich **1**, 1761, 497.

[2] D. R. P. 430647, Klasse 45 l. Ausgegeben 18. 6. 1926.

[3] Gaßner, Über primäre und sekundäre Beizwirkung. Angewandte Botanik **9**, 1927, 66.

[4] Hiltner, Über die Beizwirkung von Trockenbeizmitteln während der Lagerung gebeizten Getreides (Lagerbeizwirkung). Angewandte Botanik **12**, 1930, 352.

[5] D. R. P. 500855, Klasse 45 l.

[6] Vgl. Hurd, Injury to seed wheat resulting from drying after disinfection with formaldehyde. Jl. of Agric. Res. **20**, 1920, 209.

vitriol, so können die Sporen reaktiviert werden. Hecke[1]) gelang es, mit Kupfervitriol gebeizte Sporen von *Ustilago panici milacei*, die nicht mehr keimfähig waren, durch Auswaschen mit verdünnten Säuren wieder keimfähig zu machen. Es ist daher verständlich, daß das Beizen mit Kupfervitriol keinen sicheren Schutz bietet, wenn in saurem Boden durch Regengüsse das adsorbierte Cu aus den Sporen ausgewaschen wird. Nähere Untersuchungen über die Adsorption des Cu durch Brandsporen haben Bodnár und Terenyi[2]) ausgeführt. In den Fällen, in denen die Keimung der Sporen durch die Beizung verzögert wird, kann praktisch Brandfreiheit erzielt werden, wenn die Sporen erst nach 10 Tagen keimen; wird die Sporenkeimung nur um 5 Tage verzögert, so tritt noch ein gewisser Brandbefall auf.[3])

Die Wirkung der Beizmittel auf die Keimung des Getreides kann fördernd und hemmend sein. Wenn auch in vielen Veröffentlichungen, in denen eine Keimförderung von Getreide durch Naßbeizmittel behauptet wird, der Beweis für diese Behauptung nicht einwandfrei erbracht ist, weil eine Kontrollbehandlung mit Wasser nicht ausgeführt, das fördernde Moment der Quellung also außer acht gelassen wurde, so besteht doch kaum ein Zweifel, daß die Keimung von Getreide durch einzelne Beizmittel beschleunigt werden kann.[3]) Von einer Stimulation im Sinne Popoffs ist aber bei den Beizmitteln keine Rede.[4])

Schädigungen der Keimfähigkeit des Getreides sind häufig nach dem Beizen mit Kupfervitriol oder Formaldehyd beobachtet worden. Wenn Kühn[5]) selbst nach 12stündiger Einwirkung von 0,5% $CuSO_4$ keine Keimschädigung feststellen konnte, so liegt dies einmal daran, daß er keinen mit Maschinen gedroschenen Weizen verwendete, daß also sein Weizen verhältnismäßig wenig Verletzungen aufwies, außerdem sind Landweizen, wie sie Kühn verwendete, weniger empfindlich als Squarehead-Weizen.[6]) Kühn hat übrigens später sicher auch Keimschädigungen durch Kupfervitriolbeize festgestellt, sonst würde er sein Verfahren nicht durch eine Kalknachbehandlung (siehe unten) abgeändert haben. Mit zunehmender Konzentration wächst die schädigende Wirkung der Kupfersulfatlösung. Bei gleicher Konzentration ist die Schädigung stärker bei Anwendung einer größeren Menge der Beizlösung.[7]) Keine Schädigung durch $CuSO_4$ tritt

---

[1]) Hecke, Beizversuche zur Verhütung des Hirsebrandes. Ztschr. Landw. Versuchswesen Österr. **5**, 1902, 947.

[2]) Bodnár und Terenyi, Biochemie der Brandkrankheiten des Getreides. Hoppe Seylers Ztschr. f. physiol. Chemie **163**, 1927, 73 und **186**, 1930, 157.

[3]) Gassner, Biologische Grundlagen der Prüfung von Beizmitteln zur Steinbrandbekämpfung. Arb. aus der Biolog. Reichsanstalt **11**, 1923, 346.

[3]) Vgl. z. B. Schütz, Einwirkung von Beizmitteln auf Keimung und Triebkraft des Weizens. Botanisches Archiv **33**, 1931, 199.

[5]) Sampson and Davies, Germination and early growth of wheat etc. Annals Appl. Biology **15**, 1928, 408.

[6]) Kühn, Die Anwendung des Kupfervitriols als Schutzmittel gegen den Steinbrand des Weizens. Bot. Ztg. **31**, 1873, 502.

[7]) Molz und Müller, Über die „Tieftemperaturprüfung" des gebeizten Saatgutes. Pflanzenbau **2**, 1925/26, 185.

[8]) Neuweiler, Einfluß der Konzentration und Menge von Kupfervitriollösungen auf die Keimfähigkeit von Weizen. Landw. Jahrb. **42**, 1928, 271.

bei richtiger Benetzungsbeize ein; hierauf wird weiter unten eingegangen werden.

Während völlig unversehrte Getreidekörner gegenüber vielen Chemikalien durch ihre semipermeable Membran geschützt sind[1]), zeigen sich bei Getreidekörnern, deren Schale Verletzungen aufweist, leicht Schädigungen, besonders wenn diese Verletzungen über dem Keimling liegen. Mit Maschinen gedroschenes Getreide ist daher beizempfindlicher als handgedroschenes.[2]) Verletzungen über dem Endosperm sind bei kurzer Beizdauer belanglos; liegt aber die Verletzung der Schale über dem Embryo, so wird die Keimung schon durch eine 3—5 Minuten währende Behandlung mit 2,5%igem $CuSO_4$ geschädigt.[3]) Sehr trocken geerntetes Saatgut weist mehr Verletzungen auf als Getreide, das mit normalem Wassergehalt geerntet ist; infolgedessen ist die Beizempfindlichkeit einzelner Getreidesorten in verschiedenen Jahren verschieden. Zahl und Lage der Verletzungen an Getreidekörnern lassen sich leicht durch Einlegen der Körner in 0,4%igem Eosin nachweisen.[4]) Die Keimschäden äußern sich in einer Keimverzögerung, in einer Schwächung der Pflanzen, die an dem verminderten Trockengewicht zu erkennen ist, oder sie bestehen in besonders schweren Fällen in völliger Unterdrückung der Keimung; sehr häufig ist besonders die Wurzelbildung gehemmt, weil beim Maschinendrusch Schalenverletzungen über der Radicula besonders häufig sind.

Zur Verhinderung von Keimschäden durch $CuSO_4$ oder Formaldehyd hat man versucht, die Einwirkungszeit dieser Mittel dadurch abzukürzen, daß man z. B. den mit Kupfervitriol gebeizten Weizen in Kalkmilch tauchte oder das mit Formaldehyd gebeizte Getreide, so wie es schon Geuther vorschrieb, mit verdünntem Ammoniak behandelte oder mit Wasser abspülte[5]) oder endlich in Wasser auslaugte.[6]) Durch die von Dreisch[7]) eingeführte Nachspülung des gekupferten Getreides mit Kalkmilch wird das Kupfervitriol sofort gebunden, so daß die Keimschädigungen vermieden oder doch stark gemildert werden, ohne daß die fungizide Wirkung leidet. Nach Hollrung[8]) hat Reynolds durch $\frac{1}{4}$stündiges Vorquellen von Weizen die schädigende Wirkung von 0,25%igem $CuSO_4$ vermindert, ohne die fungizide Wirkung abzuschwächen. Die keimschädigende

[1]) Schröder, Die Widerstandsfähigkeit des Weizen- und Gerstenkornes gegen Gifte usw. Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, **28**, 1910, 492. Vgl. auch Niethammer, Ztschr. Pflanzenkr. **40**, 1930, 44.

[2]) Tubeuf, v., Studien über die Brandkrankheiten des Getreides und ihre Bekämpfung. Arb. aus der Biolog. Reichsanstalt **2**, 1902, 179 und Volkart, Die Bekämpfung des Steinbrandes des Weizens und des Korns. Landw. Jahrb. Schweiz **20**, 1906, 445.

[3]) Hurd, Seed-coat injury and viability of seeds of wheat and barley etc. Jl. Agric. Res. **21**, 1921, 99.

[4]) Walldén, Tröskskada å hvete och råg samt dess inflytande på etc. Sver. utsäd. Tidskr., 1916, 24.

[5]) Tubeuf, v., Anm. 2, und Müller und Molz, Über das Nachspülverfahren bei der Formaldehydbeize. Dtsche. Landw. Presse **47**, 1920, 275.

[6]) Zade, Ein neues Verfahren zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes. Dtsche. Landw. Presse **47**, 1920, 204 und 319.

[7]) Vgl. Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. Berlin 1919, S. 251.

[8]) Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. Berlin 1919, S. 257.

Wirkung des Formaldehyds kann durch Abspülen oder Auslaugen in Wasser vermindert werden[1]), sofern nur eine 0,1%ige Beizlösung angewendet wird. Das Waschen mit Formaldehyd gebeizten Getreides muß unmittelbar nach dem Beizen vorgenommen werden, nicht, wie Mc Alpine[2]) empfohlen hatte, erst vor der Aussaat. Mc Alpine hatte fälschlich angenommen, daß die Schädigung des Formaldehyds auf einer Verhärtung der Samenschale beruhe; durch Quellen des Samens wollte er dem Keimling ermöglichen, die Schale zu durchbrechen. Darnell Smith hat aber gezeigt, daß die Schädigung durch Bildung von Paraformaldehyd beim Eintrocknen der Beizlösung am Korn entsteht.[3]) Unmittelbar nach dem Beizen gesäter Weizen oder sehr schnell getrockneter Weizen, bei dem infolge der raschen Verdunstung keine längere Einwirkung des Paraformaldehyds eingetreten war, zeigte bei Hurds Versuchen[3]) keine Schädigung. Bei langsamer Trocknung zeigen sich dagegen starke Keimschäden.[4]) Ein Verfahren, die Verdunstung des Formaldehyds durch Erhitzen zu beschleunigen, war schon 1904 patentiert.[5]) Man hat auch versucht, durch Vorweichen des Kornes in Wasser die Wirkung der dann folgenden Formaldehydbeize auf die Keimfähigkeit des Getreides abzuschwächen. Braun[6]) tauchte den Weizen 10 Minuten lang in Wasser und ließ ihn dann 5½ Stunde liegen, bevor er mit Formaldehyd beizte. Der so behandelte Weizen wurde nicht geschädigt, es fehlt aber der Nachweis, daß dies Verfahren gegen *Tilletia* genügend wirksam ist.

Bei den Versuchen, im Laboratorium die Wirkung von Beizmitteln auf die Keimfähigkeit nachzuweisen, hat sich gezeigt, daß die Temperatur, bei der die Keimversuche angestellt werden, von größter Bedeutung ist. Schädigungen durch Formaldehyd treten nicht zutage, wenn die Keimung bei Zimmertemperatur ausgeführt wird, zeigen sich aber deutlich bei 4—7° C; hierauf hat zuerst Lang in einem Vortrag im Jahre 1924 hingewiesen.[7]) Umgekehrt tritt die keimschädigende Wirkung einiger Quecksilberbeizmittel mehr bei hohen als bei niederen Temperaturen zutage[7]); bei anderen Hg-Präparaten zeigen sich Beizschäden besonders bei niedrigen Temperaturen.[8])

Die schädigende Wirkung von Beizmitteln kann auch darin zum Ausdruck kommen, daß die schwächlichen Pflanzen weniger winterhart sind.[9])

---

[1]) Müller und Molz, Anm. 5, S. 216, und Henning, Om betning mod stinkbrand etc. Zentralanstalten Medd. 231, Avd. Landbruksbot. Nr. 24, 1922.

[2]) Effect of formalin and blue stone on the germination of seed wheat. Agric. Gaz. N. S. Wales. May 1906, Sonderdruck.

[3]) Vgl. Hurd, Injury to seed wheat etc. Journ. Agric. Res. **20**, 1920, 209.

[4]) Vgl. Volkart, Anm. 2, S. 216.

[5]) R. D. P. Nr. 153 594, Klasse 451 nach Chem. Zentralblatt **2**, 1904, 802.

[6]) Braun, Effect of delayed planting on germination of seed wheat treated with formalin. Phytopath. **12**, 1922, 173.

[7]) Vgl. Gassner, Die Feststellung der Schädigung des Saatgutes durch Beizmittel. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **36**, 1926, 25

[8]) Schütz, Über die Einwirkung von Beizmitteln auf Keimung usw. Bot. Archiv **33**, 1931, 199.

[9]) Neuweiler, Die Bekämpfung von Getreidekrankheiten durch Beizen. Landw. Jahrb. der Schweiz **42**, 1928, 295.

Bei der praktischen Durchführung des Tauchbeizverfahrens erhebt sich die Frage, ob dieselbe Beizlösung wiederholt hintereinander verwendet werden kann. Müller und Molz[1]), die zuerst Versuche zur Lösung dieser Frage ausführten, fanden, daß Formaldehydlösung auch noch bei der 18. Benutzung wirksam ist, wenn der Verlust der Beizlösung durch Zusatz gleichstarker Formaldehydlösung ersetzt wird. Für Quecksilberbeizmittel trifft dies aber nicht zu. Laibach[2]) zeigte, daß ein Teil des Beizmittels von dem Getreide adsorbiert wird, so daß die Beizlösung an Wirksamkeit verliert, wenn man nicht die verbrauchte Beizflüssigkeit durch stärker konzentrierte Lösungen ersetzt. Auf Grund biologischer Versuche empfiehlt Gaßner[3]) als Konzentration der Nachfüllösung die zu wählen, die für das betreffende Beizmittel zur Benetzungsbeize vorgeschrieben wird. Krauß[4]) und Hilgendorff[5]) haben den Rückgang des Quecksilbergehalts einer Beizlösung bei wiederholter Benutzung durch chemische Untersuchung bestimmt; die einzelnen Beizmittel verhielten sich dabei etwas verschieden. Für den Landwirt genügt es im allgemeinen, die verbrauchte Beizlösung durch eine Lösung von doppelter Konzentration zu ersetzen. Großbetriebe, die in Naßbeizgeräten beizen, werden gut tun, für ihren Betrieb die geeignete Nachfüllkonzentration genau zu ermitteln.[6])

Benetzungsverfahren. Beim Benetzungsverfahren sucht man die Anfeuchtung des Saatgutes nicht durch Eintauchen, sondern durch Besprengen mit einer bestimmten, verhältnismäßig geringen Menge von Beizflüssigkeit zu erreichen, damit das Saatgut schneller saatfertig wird als beim Tauchverfahren. Um die zur Abtötung der Pilze erforderliche Menge von Fungiziden auf das Saatgut zu bringen, muß man konzentriertere Lösungen anwenden, und zwar um so konzentrierter, je geringer die Flüssigkeitsmenge ist, die zur Anwendung kommt. Bei Anwendung sehr geringer Flüssigkeitsmengen ist es schwierig, sämtliche Körner gleichmäßig zu benetzen.

Bei dem in Deutschland üblichen gewöhnlichen Benetzungsverfahren verwendet man auf 1 dz Weizen oder Roggen 10 l, auf 1 dz Gerste etwa 12 l, auf 1 dz Hafer etwa 15 l Beizflüssigkeit. Die Flüssigkeit wird mit Hilfe von Gießkannen langsam über das Getreide gebraust; dabei ist das Saatgut beständig umzuschaufeln. In gleicher Weise verfährt man auch in Holland, wo man aber auf 1 dz Weizen nur etwa 3 l Kupfervitriollösung verwendet. Eine gleichmäßige Benetzung des Getreides mit so geringen Flüssigkeitsmengen ist recht schwierig, wenn man nicht besondere Beizvorrichtungen verwendet (vgl. den Abschnitt über Beiz-

[1]) Müller und Molz, Versuche zur Bekämpfung des Steinbrandes bei dem Winterweizen usw. Fühlings Landw. Ztg. **63**, 1914, 742.

[2]) Laibach, Über die Verwendbarkeit einiger Cyanverbindungen als Beizmittel. Fühlings Landw. Ztg. **71**, 1922, 28.

[3]) Gassner, Die Verwendung von Quecksilberbeizmitteln in der wiederholten Tauchbeize (Kettenbeize). Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **35**, 1925, 1.

[4]) Krauss, Nachdosierung von quecksilberhaltigen Beizmitteln für Getreide. Ztschr. f. angew. Chemie **38**, 1925, 1088.

[5]) Hilgendorff, Über die Verwendung einiger Quecksilberbeizmittel in der wiederholten Tauchbeize. Ztschr. f. angew. Chemie **39**, 1926, 377.

[6]) Vgl. Hilgendorff, Anm. 5.

geräte). Die in Deutschland zuerst von Gaßner[1]) ausgeführte Benetzung mit ganz geringen Flüssigkeitsmengen hat man „Kurznaßbeizverfahren" genannt.[2]) In den Vereinigten Staaten nennt man eine Benetzung mit Formaldehyd, bei der nur 0,065 l 40%iger Formaldehydlösung oder 0,130 l 20%iger auf 1 dz kommen, „trockene Formaldehydbeize".[3])

Die Beizdauer ist bei der Benetzungsbeize mit der Zeit identisch, die zum Trocknen des Saatgutes erforderlich ist. Zur Erzielung des beabsichtigten Erfolges muß das Saatgut unmittelbar nach der Benetzung mit feuchten Säcken, Planen oder dergleichen bedeckt werden, damit die Beizdauer verlängert wird. Im allgemeinen hält man das Saatgut eine Stunde lang bedeckt, bei einigen Beizmitteln ist auch eine längere Beizdauer vorgeschrieben.

Für das Benetzungsverfahren verwendet man im allgemeinen dieselben Beizmittel wie für das Tauchverfahren, allerdings in stärkerer Konzentration. Bei einigen Mitteln ist die Konzentration besonders hoch zu wählen, weil der wirksame Bestandteil sehr stark von den Getreidekörnern adsorbiert und dadurch wirkungslos gemacht wird.[4]) Diese Adsorptionsvorgänge kommen beim Tauchverfahren nicht so zum Ausdruck, weil bei diesem Verfahren größere Flüssigkeitsmengen vorhanden sind, so daß trotz der Adsorption eines Teiles der wirksamen Substanz für die fungizide Wirkung noch genügend in Lösung bleibt.

Die fungizide Wirkung der Beizflüssigkeit kann auch beim Benetzungsverfahren durch die Temperatur beeinflußt werden. Das von Nagel[5]) versuchsweise angewendete Verfahren, bei dem der benetzte Weizen bei 40° C getrocknet wurde, hat sich in die Praxis nicht eingeführt. Im allgemeinen ist die Wirkung des Benetzungsverfahrens nicht so sicher wie die des Tauchverfahrens[6]), weil nur bei großer Sorgfalt eine vollkommene Benetzung aller Körner zu erreichen ist. Hierauf haben schon Tessier[7]) und später Kühn[8]) hingewiesen. Versuche zur Erhöhung der Benetzungsfähigkeit von Beizlösungen sind nur vereinzelt durchgeführt. Müller und Molz[9]) erzielten durch Zusatz von 3% Leinölschmierseife zu einer 0,1%igen Formaldehydlösung eine bessere Wirkung als ohne diesen Zusatz. Gaßner[10]) erhöhte die Benetzungsfähigkeit von Quecksilberverbindungen, indem er sie in Emulsionen anwandte, die mit Hilfe von Wollfettderivaten hergestellt waren.

---

[1]) Gassner, Benetzungsbeize mit geringen Flüssigkeitsmengen. Angew. Bot. **9**, 1927, 1 und Verbesserungsmöglichkeiten der Benetzungsbeize. Dtsche. Landw. Presse **54**, 1927, 159.

[2]) Winkelmann, Das Kurznaßbeizverfahren. Illustr. Landw. Ztg. **49**, 1929, 388 und Riehm, Das Kurznaßbeizverfahren. Dtsche. landw. Presse **56**, 1929, 485.

[3]) Howitt and Stone, Experiments with Haskells method or the so-called dry formaldehyde treatment etc. Phytopathology **12**, 1922, 35.

[4]) Vgl. Gassner, Biologische Grundlagen der Prüfung von Beizmitteln zur Steinbrandbekämpfung. Arb. aus der Biolog. Reichsanstalt **11**, 1923, 365.

[5]) Nagel, Über die Einwirkung höherer Temperaturen während und nach einer Beize mit verschiedenen Beizmitteln. Angewandte Botanik **7**, 1925, 304.

[6]) Vgl. Merkblatt Nr. 7 des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 11. Aufl., 1935.

[7]) Tessier, Traité des maladies des grains, Paris 1783.

[8]) Kühn, Die Krankheiten der Kulturgewächse, Berlin 1859, S. 88.

[9]) Müller und Molz, Über den Steinbrand des Weizens. Fühlings Landw. Ztg. **63**, 1914, 204.

[10]) Gassner, Benetzungsbeize mit geringen Flüssigkeitsmengen. Angew. Botanik **9**, 1927, 1.

Bei richtiger Ausführung bietet das Benetzungsverfahren zwar keinen sicheren, aber doch einen gewissen Schutz gegen Nachinfektion. Für Weizen, der noch Brandbutten enthält, ist daher die Benetzungsbeize mit Formaldehyd oder quecksilberhaltigen Präparaten nicht zu empfehlen. Nur eine besondere Form der Benetzungsbeize, das sog. Bekrustungs- oder Kandierungsverfahren, bei welchem der Weizen mit Bordeauxbrühe besprengt wird, bietet einen genügenden Schutz gegen Nachinfektion.[1]) Daß man eine Bekrustung des Saatgutes auch mit Hilfe des Tauchbeizverfahrens versucht hat, ist bereits oben gesagt (vgl. S. 214). Fischer und Scharrer[2]) versuchten eine Bekrustung dadurch zu erreichen, daß sie Fungizide in Flüssigkeiten von niedrigem Siedepunkt lösten und diese Lösungen mit dem Getreide zusammenbrachten. Bisher liegen aber nur die Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen vor.

Für die Wirkung der im Benetzungsverfahren angewendeten Mittel auf die Keimfähigkeit des Getreides gilt im allgemeinen dasselbe, was beim Tauchbeizverfahren gesagt ist (vgl. S. 215). Eine gewisse Bedeutung kommt der Menge der Beizflüssigkeit zu, die man anwendet. In Holland[3]) ist festgestellt worden, daß die Keimfähigkeit von Weizen nicht leidet, wenn man 100 kg mit etwa 3 l einer 8—10%igen Lösung von $CuSO_4$ benetzt. Verwendet man mehr Lösung, so tritt selbst dann eine Schädigung ein, wenn man nur die Wassermengen, nicht die Kupfervitriolmenge vermehrt. Die konzentriertere Lösung in geringer Menge ist also weniger gefährlich als die verdünntere Lösung in entsprechend größeren Mengen oder mit anderen Worten, die gleiche Menge $CuSO_4$ wirkt schädlich, wenn sie in größeren Mengen Wassers aufgelöst wird, beeinträchtigt die Keimfähigkeit aber nicht, wenn sie in konzentrierter Form zur Anwendung kommt. Lundegardh[4]) hat diese eigenartige Erscheinung untersucht und gefunden, daß die Adsorption des Cu periodisch erfolgt. Sehr kleine Cu-Mengen wirken hemmend auf die Keimung, etwas größere fördernd, noch größere hemmend usw.

Eine wiederholte Benetzung[5]) (fraktioniertes Verfahren) hat sich nicht eingeführt, wahrscheinlich, weil das Getreide dabei zu feucht wird und leicht in der Keimfähigkeit leidet.[6])

**b) Anwendung trockener Mittel.** Die Anwendung trockener, pulverförmiger Mittel hat man Trockenbeizverfahren[7]) oder auch zum Unterschied von den ebenfalls trockenen Gasbeizverfahren Staubbeize[8]) genannt. Bei dem Trocken-

---

[1]) Vgl. Tubeuf, v., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Brandkrankheiten des Getreides und ihre Bekämpfung. Arb. aus der Biolog. Reichsanstalt **2**, 1902, 437.

[2]) Fischer und Scharrer, Saatgutbeize mit nichtwässerigen Lösungen. Fortschr. d. Landw. **1**, 1926, 288.

[3]) Quanjer en Botjes, Nederlandsche onderzoekingen over de bestrijding etc. Meded. Rijks Hoogen Land-, Tuin- en Boschbouwsh. **8**, 1915, 129.

[4]) Lundegardh, Studien über die Wirkung der Beizmittel. Biol. Zentralbl. **44**, 1924, 465.

[5]) Englisch, Getreidebeizversuche im Benetzungsverfahren. Dtsche. Landw. Presse **54**, 1927, 532.

[6]) Sessous, Über die Möglichkeit der Getreidebrandbekämpfung usw. Ebenda **53**, 1926, 58. 222.

[7]) Hollrung, Die krankhaften Zustände usw., Berlin 1919, S. 234.

[8]) Kern, Erfahrungen mit der Staub- oder Trockenbeize in Ungarn in den Jahren 1921 bis 1924. Angewandte Botanik **7**, 1925, 19.

beizverfahren kommt es darauf an, das Saatgut mit staubfeinem Pulver nicht nur zu mischen oder einzupudern, sondern dieses Pulver so an die Körner anzureiben[1]), daß es auch bei Erschütterungen, wie sie beim Einfüllen in die Säcke und beim Drillen unvermeidlich sind, am Korn haften bleibt. Erfolgreiche Versuche, dies Verfahren durch einfaches Umschaufeln des Getreides mit den Trockenbeizpulvern auszuführen, wie es in einer Patentschrift[2]) beschrieben wurde, liegen noch nicht vor. Am besten erzielt man das Anreiben des Pulvers in staubdicht schließenden Beizbehältern (vgl. den Abschnitt über Beizgeräte). Der Gedanke, das Saatgut über „Beizsteine" gleiten zu lassen, die aus stark abnutzbaren mit Trockenbeizmitteln durchsetzten Stoffen (z. B. Gips) bestehen, und aus denen die Körner den notwendigen Beizstoff herausscheuern, ist patentiert worden[3]); es ist aber nicht vorstellbar, wie man auf diesem Wege eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Einreibung aller Körner erreichen soll.

Neben dem eigentlichen Trockenbeizverfahren, bei dem trockenes Getreide mit trockenem Pulver behandelt wird, hat man Verfahren angewendet, bei denen das Saatgut entweder vor[4]) oder nach[5]) dem Beizen schwach angefeuchtet wird. Durch die Anfeuchtung will man ein besseres Haften des Beizpulvers an den Körnern erreichen und lästiges Stäuben verhindern. In Deutschland ist dieses „Staubnaßbeizverfahren" kaum in erheblichem Maße eingeführt, obwohl die für diskontinuierlichen Betrieb bestimmten Kurznaßbeizgeräte eine einfache Durchführung des Verfahrens ermöglichen würden und die fungizide Wirkung durch Anfeuchtung des trocken gebeizten Saatgutes nicht leidet.[6]) In Dänemark hat man einen besonderen Beizapparat für das Staubnaßbeizverfahren konstruiert; ebenso wie in Deutschland wird das Staubnaßbeizverfahren auch in Dänemark von den maßgebenden Stellen empfohlen.[7])

Das Trockenbeizverfahren wurde zuerst in Deutschland angewendet und zwar durch v. Tubeuf.[4]) Das Verfahren geriet in Vergessenheit, zumal ein im Jahre 1903 von Hecke[8]) gegen den Brand der Kolbenhirse und ein 1914 von Müller und Molz[9]) durchgeführter Versuch gegen *Tilletia tritici* negativ verlief. In der Schweiz, Australien, Italien und den Vereinigten Staaten[10]) wurden erfolgreiche Trockenbeizversuche ausgeführt. Seit dem Jahre 1920 wurden dann auch in Deutschland wieder Versuche aufgenommen[10]), die gute Ergebnisse zeitigten,

[1]) Wansart, Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. RKTL.-Schriften H. 15, 1930.

[2]) I. G. Farbenindustrie A. G., Trockenbeizmittel. DRP. 481 119. Ausgegeben 14. 8. 1929.

[3]) Röber, Verfahren zum Trockenbeizen von Getreide. DRP. 465 939. Ausgegeben 28. 9. 1928.

[4]) Tubeuf, v., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Brandkrankheiten des Getreides usw. Arb. Biol. Reichsanst. **2**, 1902, 437.

[5]) I. G. Farbenindustrie A. G., Verfahren zur Trockenbeizung von Saatgut. DRP. 508 520 Klasse 45 l. Ausgegeben 27. 9. 1930.

[6]) Vgl. Merkblatt Nr. 7 des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. 7. Aufl. 1932, Nr. 16.

[7]) Gram, Afsvampningsundersøgelser. 250. Beredn. Tidsskr. Planteavl. **37**, 1931, 659.

[8]) Hecke, Beizversuche gegen Hirsebrand. Ztschr. Landw. Versuchswesen Österreichs **6**, 1903, 765.

[9]) Müller und Molz, Über den Steinbrand des Weizens. Fühlings Landw. Ztg. **63**, 1914, 204.

[10]) Vgl. Riehm, Trockenbeize. Pflanzenbau **1**, 1924, 91.

nachdem sich die chemische Industrie für die Frage interessiert und geeignete Präparate herausgebracht hatte.

Bei den chemischen Mitteln, die man für das Trockenbeizverfahren verwendet, kann man eine ähnliche Entwicklung verfolgen wie beim Naßbeizverfahren. Bevor die Ätiologie der Brandkrankheiten erforscht war, behandelte man das Saatgut trocken mit Asche, ein Verfahren, das in der Schweiz ,,mit untrüglichem Erfolg" angewendet wurde.[1] v. Tubeuf benutzte zuerst fungizide Mittel, und zwar verschiedene Kupferverbindungen; von den Kupferverbindungen wurde besonders in den Vereinigten Staaten Kupferkarbonat verwendet. Müller und Molz versuchten, Paraformaldehyd anzuwenden, später auch quecksilberhaltige Mittel. Auch ungiftige Mittel (z. B. Natriumnitrat, Kaliumsulfat) sind versuchsweise angewendet worden[2], ebenso verschiedene Gifte, wie z. B. Fluoride.[3] Die geringe Wirkung einzelner Chemikalien ist wohl darauf zurückzuführen, daß sie in einer ungeeigneten Form zur Anwendung kamen; bei Trockenbeizmitteln kommt es nicht nur auf die chemischen, sondern auch auf die physikalischen Eigenschaften an.

Von den physikalischen Eigenschaften, die von Bedeutung für die Wirkung der Trockenbeizmittel sind, ist besonders die Haftfähigkeit zu nennen. Eine gewisse Haftfähigkeit wird von Trockenbeizmitteln verlangt, damit die aufgewendete Beizgutmenge möglichst gut ausgenutzt und lästige, gesundheitsschädliche Staubentwicklung vermieden wird. Eine exakte Bestimmung der Haftfähigkeit eines Trockenbeizmittels würde nur möglich sein, wenn das Haften der Mittel an einer konstanten Standardfläche oder einem Standardkörper bestimmt werden könnte.[4] Da dahingehende Versuche bisher gescheitert sind, wird die Haftfähigkeit an den einzelnen Getreidearten bestimmt; dabei ist zu beachten, daß die Haftfähigkeit möglicherweise durch den Wassergehalt des Korns beeinflußt wird.[5] Winkelmann[6] konnte allerdings eine solche Abhängigkeit nicht feststellen. Dounine und Simsky[7] fanden eine gewisse Zunahme der Haftfähigkeit mit steigendem Feuchtigkeitsgehalt bei Hafer, eine Abnahme bei Flachs, Hirse, Hanf. Je feiner die Pulver sind, um so größer ist die Haftfähigkeit. Man hat deshalb in den Vereinigten Staaten für Kupferkarbonat, das zu Beizzwecken verwendet werden soll, eine bestimmte Feinheitsgrenze festgesetzt, die brauchbare Präparate mindestens haben müssen. Kupferkarbonat für Beizzwecke soll nach den amerikanischen Anforderungen in wässeriger Aufschwemmung zu 99% durch ein 6400-Maschen-Sieb hindurchlaufen und muß ein trockenes Schüttegewicht von nicht mehr als 500 g auf 1000 ccm haben.[8]

---

[1]) Schulthess, Vorschlag einiger durch die Erfahrung bewährter Hilfsmittel gegen den Brand im Korn. Abh. Naturf. Ges. Zürich, **1**, 1761, 497.

[2]) Mackie and Briggs, Fungicidal dusts for the control of bunt. Univ. of Calif. Agric. Exp. St., Bull **364**, 1923.

[3]) Riehm, Trockenbeize. Pflanzenbau **1**, 1924, 91.

[4]) Vgl. Hilgendorff, Über die Bestimmung der Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Fortschr. d. Landw. **3**, 1928, 725.

[5]) Schaffnit, Zum Stand der Trockenbeizfrage. Mitt. der Dtsch. Landw. Ges. **41**, 1926, 361.

[6]) Winkelmann, Untersuchungen über die Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Ztschr. angew. Chemie **45**, 1932, 238.

[7]) Dounine und Simsky, Die Haftfähigkeit der Fungizide. Angew. Bot. **14**, 1932, 89.

[8]) Vgl. Riehm, Zur Frage der Getreidebeizung. Ztschr. angew. Chemie **38**, 1925, 5.

Andere Anforderungen an die physikalischen Eigenschaften der Mittel werden nicht gestellt, obwohl zweifellos die Löslichkeit in Wasser von verschiedenem pH von Bedeutung für die Wirkung der Trockenbeizmittel sein wird. Sehr leicht wasserlösliche Beizmittel werden in feuchtem Boden zu schnell aufgelöst und durch Regen ausgewaschen werden; Präparate von zu geringer Löslichkeit werden nicht schnell genug zur Wirkung kommen. Man hat deshalb versucht, praktisch unlösliche Mittel mit leicht löslichen zu mischen.[1])

Die Mengen, in denen die Trockenbeizmittel zur Anwendung kommen, sind nicht nur von dem wirksamen Gehalt des Präparates abhängig; auch ein sehr wirksamer Körper darf nicht in zu kleinen Mengen angewendet werden, wenn eine gleichmäßige Verteilung des Beizmittels auf sämtliche Getreidekörner erreicht werden soll. In Deutschland eingeführte Trockenbeizmittel kommen in Aufwandmengen von 2 : 1000 bei Weizen und Roggen, 2 : 1000 bis 3 : 1000 bei Gerste und 3—4 : 1000 bei Hafer zur Anwendung. In den Vereinigten Staaten wird Kupferkarbonat meist im Verhältnis 2 : 1000 empfohlen.

Die Wirkung der Trockenbeizmittel auf Pilze und Getreidekörner beruht in den meisten Fällen auf der Lösung der wirksamen chemischen Verbindungen, vereinzelt auch auf der Abspaltung fungizider Gase. Durch Gasentwicklung wirkte z. B. Hafer-Tillantin, das eine metallfreie, organische Sauerstoffverbindung der aromatischen Reihe enthielt.[2]) Die gasförmige Wirkung tritt vor der Aussaat ein; man muß das Getreide nach dem Beizen eine gewisse Zeit möglichst luftdicht abdecken, dann aber dünn ausbreiten, um Schädigungen zu vermeiden. Auch Formaldehyd abspaltende Trockenbeizmittel sind bekannt; es ist verständlich, daß mit derartigen Präparaten gebeiztes Saatgut nicht längere Zeit gelagert werden darf.[3]) Trockenbeizmittel, die in gelöster Form wirken, sind im allgemeinen erst nach der Aussaat wirksam, doch kann eine gewisse Wirkung auch schon auf dem Lager eintreten (Lagerbeize), wenn das Getreide sehr wasserhaltig ist und Feuchtigkeit ausschwitzt.[4]) Aus diesem Grunde ist es nicht ratsam, Getreide längere Zeit vor der Aussaat zu beizen, wenn die Körner hohen Wassergehalt besitzen.[5])

Die Tatsache, daß Trockenbeizmittel meist erst im Boden wirken, legt die Vermutung nahe, daß ihre Wirksamkeit von klimatischen Faktoren (Feuchtigkeit, Temperatur, Bodenazidität) abhängt. Auf die Notwendigkeit, den Einfluß dieser Faktoren auf die Wirksamkeit der Trockenbeizmittel zu untersuchen, habe ich früher hingewiesen.[6]) Versuche in dieser Richtung hat Volk[7]) ausgeführt,

---

[1]) Vgl. DRP. 552 253 vom 10. 6. 1932.

[2]) Trappmann, Schädlingsbekämpfung, Enzyklopädie der technischen Chemie **9**, 1932, 137.

[3]) Koehler, Effect of time and rate of application etc. Phytopath. **21**, 1931, 127.

[4]) Hiltner, Über die Beizwirkung von Trockenbeizmitteln während der Lagerung gebeizten Getreides. Angewandte Botanik **12**, 1930, 352 und Supper, Über die Wirkung von Trockenbeizen. Inaug. Diss. Hohenheim 1932.

[5]) Vgl. z. B. Lange, Neue Erfahrungen mit Trockenbeizung. Dtsche. Landw. Presse **55**, 1928, 268.

[6]) Riehm, Trockenbeize. Pflanzenbau, **1**, 1924, 91.

[7]) Volk, Trockenbeizwirkung in Abhängigkeit von Bodenreaktion und Bodenart. Landw. Jahrbücher **70**, 1929, 583.

der feststellte, daß Kupferkarbonat und andere Kupferverbindungen auf saurem Boden gut wirken, auf alkalischem aber versagen. Bei Gefäßversuchen wurde durch künstlichen Regen (15 mm) unmittelbar nach der Aussaat die Wirkung von Trockenbeizpulvern beeinträchtigt. Bei den Feldversuchen des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, die mit Trockenbeizmitteln schon seit dem Jahre 1924 alljährlich von mindestens 10 Hauptstellen für Pflanzenschutz durchgeführt werden, haben brauchbare Trockenbeizmittel auch dann gewirkt, wenn z. B. drei Tage nach der Aussaat 18 oder sogar 36,7 mm Regen fielen. Dies zeigt deutlich, daß die Wirkung der Trockenbeizmittel sehr schnell eintritt. Supper[1]) konnte durch Auswaschversuche den Beweis dafür erbringen, daß die Wirkung von Trockenbeizmitteln schon 2—3 Stunden nach dem Beizen nicht mehr durch Auswaschen aufgehoben werden kann. Immerhin ist es nicht ganz ausgeschlossen, daß, besonders auf leichten Böden, wolkenbruchartige Regen unmittelbar nach der Aussaat die Wirkung von Trockenbeizmitteln beeinträchtigen.

Die Frage, ob das Naß- oder Trockenbeizverfahren den Vorzug verdient, mußte man wohl zugunsten des Trockenbeizverfahrens beantworten, solange nur das Trockenbeizverfahren im fortlaufenden Betrieb sofort saat- und versandfertiges Saatgut lieferte. Seitdem es aber möglich ist, auch mit dem Kurznaßbeizverfahren in fortlaufend arbeitenden Apparaten gebeiztes Saatgut zu erhalten, das man zwar nicht sofort, aber doch nach 1—2 Stunden säen kann und das auch lagerfähig ist[2]), kann zugunsten des Trockenbeizverfahrens nur noch geltend gemacht werden, daß trockengebeiztes Saatgut in höherem Maße gegen Nachinfektion geschützt ist als nach dem Kurznaßbeizverfahren gebeiztes. Die Gefahr der Nachinfektion besteht allerdings nur für *Tilletia* und die weniger wichtigen *Urocystis occulta* und *Ustilago hordei*. Ferner kann man trockengebeiztes Saatgut auch in trockenem Boden aussäen, während dies mit naßgebeiztem, stark gequollenem Getreide gefährlich ist.[3]) Diesen Vorteilen steht der Nachteil gegenüber, daß bei Anwendung von Trockenbeizmitteln die Gesundheit der Arbeiter gefährdet wird. Wenn man längere Zeit mit den äußerst giftigen quecksilberhaltigen Trockenbeizmitteln arbeitet, muß man sich unbedingt guter Atemschützer bedienen, wenn schwere Erkrankungen vermieden werden sollen.[4]) Ob die Ventilatoren, die bei einigen kontinuierlich arbeitenden Trockenbeizapparaten den Staub fortführen, so gut arbeiten, daß das Tragen von Atemschützern ganz überflüssig ist, wurde noch nicht exakt bewiesen. Nur in der Form des Staubnaßbeizverfahrens ist die Trockenbeizung annähernd ebenso ungefährlich wie das Kurznaßbeizverfahren. Bei der Auswahl zwischen beiden Verfahren wird auch die Kostenfrage eine Rolle spielen; hierbei ist nicht nur der Preis für das Beizmittel, sondern auch der für den Beizapparat zu berücksichtigen.

[1]) Supper, Über die Wirkung von Trockenbeizen. Inaug. Diss. Hohenheim 1932.

[2]) Vgl. Bonne, Ergebnisse mit dem Kurznaßbeizverfahren in der Praxis. Fortsch. Landw. **7**, 1932, 161 und Schirmer, Wie lange kann kurznaßgebeiztes Saatgut gelagert werden? Wochenbl. d. landw. Vereins in Bayern **123**, 1933, 39.

[3]) Melchers and Walker, The carbonate dust method of controlling bunt of wheat. Agric. Exp. Stat. Kansas, Circ. **107**, 1924.

[4]) Vgl. Riehm, Gesundheitsschädigungen durch Beizmittel. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 19.

**c) Anwendung gasförmiger Mittel.** Versuche, das Getreide mit gasförmigen Mitteln zu behandeln, haben bisher noch nicht zu einem in der Praxis eingebürgerten Verfahren geführt. Der Gedanke, gasförmige Beizmittel anzuwenden, stammt von v. Tubeuf[1]), der zuerst von Neger[2]) solche Versuche ausführen ließ. Der Erfolg der v. Tubeuf weitergeführten Versuche war so schlecht, daß es v. Tubeuf nicht für zweckmäßig hielt, weitere Versuche mit Formaldehydgas auszuführen.[3]) Auch Versuche von Wheeler, Reynolds und David mit Formaldehydgas hatten kein befriedigendes Ergebnis.[4]) In neuerer Zeit hat Davidoff[5]) die Gasbeize mit Formaldehyd empfohlen und einen besonderen Apparat zur Durchführung beschrieben. Der I. G. Farbenindustrie A.-G. ist die gasförmige Anwendung flüchtiger organischer Arsenverbindungen zum Getreidebeizen patentamtlich geschützt.[6]) Auch andere gasförmige Stoffe (Schwefelkohlenstoff, Ammoniak, Chloroform, Schwefeläther) hat man versuchsweise zur Getreidebeizung angewendet, ohne aber genügenden Erfolg zu erzielen.[7])

### β) Physikalische Beizverfahren

Die physikalischen Beizverfahren beruhen auf der Anwendung von Wärme, Elektrizität oder von Strahlen.

**a) Anwendung von Wärme.** Schon im Altertum hat man zur Brandbekämpfung das Saatgut durch große offene Feuer hindurchgeworfen, ein Verfahren, das sich bis in dieses Jahrhundert hinein in Mähren erhalten haben soll.[8]) Im allgemeinen wird aber Saatgutbeizung mit Hilfe von Wärme wenig durchgeführt, weil genaues Einhalten bestimmter Temperaturen zur Vermeidung von Keimschäden einerseits und zur Erzielung des gewünschten Erfolges andererseits nur mit Hilfe besonderer Vorrichtungen möglich ist, die dem praktischen Landwirt meist nicht zur Verfügung stehen. Aus diesem Grunde wendet man Wärme nur gegen solche Krankheiten an, gegen die chemische Mittel bisher versagt haben, d. h. gegen den Flugbrand von Weizen und Gerste. Das älteste auf der Anwendung feuchter Wärme beruhende Verfahren zur Bekämpfung dieser Krankheiten ist die Heißwasserbeize. Das Verfahren ist zuerst von Jensen[5]) angewendet worden; Jensen brachte flugbrandhaltige Gerste 4 Stunden in kaltes Wasser und dann 5 Minuten lang in Wasser von 52,5° C. Das Verfahren wurde von Jensen verschiedentlich abgeändert; im Jahre 1895 empfahl er auf Grund weiterer Versuche 4stündiges Vorquellen in kaltem Wasser, 6—8stündiges Nachquellen und endlich eine 5 Minuten währende Behandlung mit Wasser von 52,5° C. In gemeinsam mit Appel durchgeführten Versuchen[9]) konnte ich fest-

[1]) Tubeuf, v., Scherings Formalingasmethode. Prakt. Blätter f. Pflanzenschutz **1**, 1898, 85.

[2]) Neger, Über Desinfektion von Saatgut mittels Formaldehyddämpfen. Ebenda, 84.

[3]) Tubeuf, v., Studien über die Brandkrankheiten des Getreides und ihre Bekämpfung. Arbeiten aus der Biolog. Reichsanstalt **2**, 1902, 258.

[4]) Vgl. Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. 1919, S. 265.

[5]) A new method for the disinfection of seeds. Plant Protection Leningrad **8**, 1931, 415.

[6]) DRP. 493 147, Klasse 45 l. Ausgegeben 26. 6. 1930.

[7]) Vgl. Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. 1919, S. 271/72.

[8]) Vgl. Hollrung, Die Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl., 1923, S. 356.

[9]) Vgl. Appel und Riehm, Die Bekämpfung des Flugbrandes von Weizen und Gerste. Arb. aus der Biologischen Reichsanstalt **8**, 1931, 343.

stellen, daß durch das Vorquellen das im Korn ruhende Dauermyzel in ein empfindlicheres Stadium übergeführt wird. Das Saatgut muß etwa 15—18% Wasser aufnehmen; um diese Aufnahme zu erreichen, muß Weizen etwa 1½ Stunden in Wasser von 27° C eingetaucht werden. Läßt man dann das Saatgut noch 2½ Stunden nachquellen, so kann das Brandmyzel durch die folgende Heißwasserbehandlung abgetötet werden. Die Temperatur des Vorquellwassers und die Dauer des Vorquellens sind ausschlaggebend für den Erfolg der Heißwasserbeize. Als praktisch geeignet erwies sich ein Verfahren, bei dem das Saatgut 4 Stunden in Wasser von 25 bis 30° C eingequellt und dann 10 Minuten in Wasser von 50 bis 52° C getaucht wurde. Die Heißwasserbeize wird in dieser Form fast überall angewendet, wo man mit Heißwasser beizt, obwohl mehrfach versucht worden ist, das Verfahren zu vereinfachen.[1] Eine wesentlich einfachere Form der Heißwasserbeize ist zuerst von Störmer[2]) empfohlen worden, der flugbrandhaltige Gerste durch 12stündiges Eintauchen in Wasser von 35° C vom Brand befreite. Bei diesem Verfahren wird also die Heißwasserbeize nicht in zwei Abschnitten (Vorquellen und Hauptbehandlung) durchgeführt, sondern in einem einzigen Gang und bei einer Temperatur, die eine Keimschädigung nicht befürchten läßt. Allerdings ist die Behandlungsdauer außerordentlich lang. Spieckermann[3]) hat dieses Verfahren, das man Dauerbad genannt hat, abgeändert, indem er die Temperatur des Wassers erhöhte und dafür die Behandlungsdauer wesentlich verkürzte; er empfahl für Gerste 2stündiges Eintauchen in Wasser von 45° C. Gaßner[4]) versuchte durch Zusatz von Chemikalien eine bessere Wirkung der Heißwasserbeize zu erzielen. Er ging dabei von Hollrungs Theorie[1]) aus, nach der die Wirkung des Vorquellens nicht darauf beruht, daß das Dauermyzel in ein empfindlicheres Stadium überführt wird, sondern darauf, daß infolge des Sauerstoffabschlusses und der im quellenden Korn eingeleiteten enzymatischen Tätigkeit Alkoholaldehyde entstehen, die das Myzel abtöten, ohne den Keimling zu schädigen. Hollrung bezeichnete daher die Heißwasserbeize als „innere Beize mit chemischen Stoffen". Auf dieser Theorie fußend, führte Gaßner Versuche aus, bei denen dem heißen Wasser Alkohol zugesetzt wurde. Es gelang ihm, durch 6stündiges Quellen von Weizen in Wasser von 40° C, dem 4% Brennspiritus zugesetzt war, den Weizenflugbrand völlig zu beseitigen. Vanderwalle[5]) hält die Hollrungsche Theorie nicht für richtig. Er infizierte Gerste, die nach dem Heißwasserverfahren brandfrei gemacht worden war, in der also nach Hollrung die inneren Beizmittel hätten zur Wirkung kommen müssen, mit einer Mikropipette mit *Ustilago nuda*. Die Körner ergaben Brandpflanzen. Ganz schlüssig ist der Beweis Vanderwalles allerdings nicht, weil die „inneren Beizmittel" bei dem schnellen Trocknen,

[1]) Vgl. Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. 1919, S. 279.

[2]) Störmer, Über die Ergebnisse der im Verein mit der G. F. P. durchgeführten diesjährigen Flugbrandbekämpfungsversuche. Beiträge zur Pflanzenzucht **1**, 1911, 84.

[3]) Jahresbericht der Landwirtschaftskammer für Westfalen für 1913, 68.

[4]) Gaßner, Neue Wege zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes durch Beizung. Phytopath. Ztschr. **5**, 1933, 407.

[5]) Vanderwalle, Contribution à l'étude du mecanisme de l'action de la chaleur dans la desinfection anticharbonneuse des semences de céréales. Acad. royale de Belgique Bull. de la Classe des Sciences. 5. Ser. **21**, 1935, 759.

das Vanderwalle vor der Infektion durchführte, möglicherweise Umsetzungen erleiden könnten.

Besonders schwierig ist die Trocknung des bei der Heißwasserbeize stark gequellten Saatgutes. Zur Beschleunigung des Trocknungsprozesses hat man vorgeschlagen, Luft zu verwenden, die mit Chlorkalzium oder Schwefelsäure vorgetrocknet ist[1]), ein Verfahren, das aber in der Praxis nicht eingeführt ist.

Unsere Versuche, die feuchte Erwärmung durch eine trockene Erhitzung zu ersetzen, zeigten, daß mit Hilfe der Heißluftbeize des 4 Stunden vorgequellten Saatgutes der Flugbrand von Gerste und Weizen unschädlich gemacht werden kann, wenn das Saatgut 5 Minuten lang eine Temperatur von 50° C annimmt. Das Heißluftbeizverfahren wird in der Saatzuchtwirtschaft Eckendorf seit Jahren in großem Umfange durchgeführt.

Versuche von Appel und Riehm, das Getreide möglichst wenig vorzuquellen, zeigten, daß der Weizen mit wenigstens 17% Wasser angefeuchtet werden muß, wenn die folgende Heißluftbeize den Flugbrand beseitigen soll. Gaßner hat ebenfalls versucht, die Flugbrandbekämpfung mit möglichst geringen Wassermengen durchzuführen. Erfolgreich war seine „Warmbenetzungsbeize", bei der er 1 dz Weizen mit 15 l 4%igem Brennspiritus benetzte und dann in luftdicht verschlossenem Behälter 6 Stunden lang in heißer Luft von 45°C bewegte. Erhöht man die Temperatur auf 50°, so kann die Flüssigkeitsmenge sogar noch weiter herabgesetzt werden. Gaßner und Kirchhoff[2]) erzielten Brandfreiheit durch 5stündige Behandlung bei 50° C, wenn das Saatgut mit 12 l Wasser je Doppelzentner angefeuchtet war. Durch Zusatz von Brennspiritus wird bei der Warmbenetzungsbeize nach den Versuchen von Oort[3]) zwar die fungizide Wirkung erhöht, die Keimfähigkeit des Getreides aber leicht geschädigt.

Zur gleichzeitigen Bekämpfung von Weizenflug- und Weizenstinkbrand oder von Streifenkrankheit und Flugbrand der Gerste fügt man bei dem Appel-Riehmschen Verfahren dem Vorquellwasser ein Quecksilberbeizmittel (0,125%) zu und läßt dann die übliche Heißwasserbeize folgen.

**b) Anwendung von Elektrizität.** Höstermann[4]) hat versucht, 6 Stunden lang eingequellten Weizen und Gerste durch elektrische Bestrahlung vom Flugbrand zu befreien. Wenn auch ein gewisser, praktisch nicht genügender Erfolg erzielt wurde, ist der Gedanke doch nicht weiter verfolgt worden, weil auch bei diesem Verfahren ein Zurücktrocknen des stark gequellten Saatgutes notwendig ist und die für die Bestrahlung erforderliche Apparatur dem Landwirt nicht zur Verfügung steht. Patentiert ist ein Verfahren[5]), bei dem das Saatgut in Wasser gebracht wird, dessen Leitfähigkeit durch Zugabe von Säuren, Alkalien oder Salzen erhöht

---

[1]) Hausdörfer, Der Einfluß der künstlichen Trocknung mittels vorgetrockneter Luft usw. Landw. Jahrb. **58**, 1923, 691.

[2]) Gaßner und Kirchhoff, Versuche zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes. Phytopath. Ztschr. **7**, 1934, 303.

[3]) Oort, A. J. P., Een nieuwe methode ter bestrijding von tarwestuifbrand (Ust. tritici). Tijdschr. over Plantenziekten **40**, 1934, 185.

[4]) Höstermann, Brandbekämpfungsversuche. Landw. Jahrb. **45**, Ergbd. I, 1913, 107.

[5]) Pichler und Wöber, Verfahren zum Beizen von Früchten, Saatgut und Samen. DRP. Nr. 398 555, ausgegeben 7. 7. 1924.

ist. Durch halbstündiges Hindurchleiten eines elektrischen Stromes von 0,4 Ampère sollen Brandsporen abgetötet werden.

**c) Anwendung verschiedener Strahlen.** Die Versuche einiger Autoren durch Saatgutbehandlung mit verschiedenen Strahlen Brandfreiheit zu erzielen, verliefen ergebnislos[1]); nur Pichler und Wöber[2]) erzielten einige Erfolge. Mit ultravioletten Strahlen[3]) konnten sie *Tilletia*-Sporen abtöten, wenn die Sporen in saurer Lösung sauerstoffabspaltender Substanzen bestrahlt wurden. Brandiger Weizen, der in einer solchen Lösung 20 Minuten den Strahlen der Hanauer Quarzlampe ausgesetzt wurde, lieferte einen brandfreien Bestand, während der unbehandelte 27%igen *Tilletia*-Befall ergab. Bei stärker infiziertem Weizen wurde durch die Bestrahlung keine völlige Entbrandung erzielt. Röntgenstrahlen wirkten gegen Haferflugbrand und sogar auch gegen Gersten- und Weizenflugbrand, doch erwies sich das Verfahren als nicht rentabel. Mit Radium wurden keine günstigen Ergebnisse erzielt.

**d) Wirtschaftliche Bedeutung der Getreidebeizung.** Der Beweis dafür, daß das Beizen des Getreides rentabel ist, wurde von verschiedenen Seiten erbracht.[4]) Gut geleitete landwirtschaftliche Betriebe bringen deshalb kaum ungebeiztes Getreide in den Boden. Zur Sicherstellung der Getreideversorgung während des Weltkrieges sind in Deutschland Verordnungen erlassen worden[5]), die das Beizen zur Pflicht machen und zum Teil die Gemeinden anhalten, besonders ausgebildete Beizmeister einzustellen, denen die Durchführung des Beizens innerhalb der Gemeinde obliegt.[6]) In Bayern wurden in Beizkursen Obmänner ausgebildet, die für richtige Durchführung des Beizens Sorge zu tragen hatten.[7]) Wieweit durch solche Aufklärungsarbeit und Verordnungen das Beizen eingeführt ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Die statistischen Erhebungen von Schlumberger[8]) beziehen sich nur auf die zur Anerkennung angemeldeten Saaten,

---

[1]) Fulton and Coblentz, The fungicidal action of ultra-violett radiation. Jl. Agric. Res. **38**, 1929, 159 und Dreger, Praktische Erfahrungen eines Züchters mit der Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten. Wiener Landw. Ztg. **73**, 1923, 102.

[2]) Pichler und Wöber, Bestrahlungsversuche mit ultraviolettem Licht, Röntgenstrahlen und Radium zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten. Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, **57**, 1922, 319.

[3]) Literatur über die Wirkung ultravioletter Strahlen auf Pilze findet sich bei Rabinovitz-Sereni, Il grado di resistenza di alcuni funghi all'azione dei raggi ultravioletti. Boll. Staz. Pat. Veget. **12**, 1932, 115.

[4]) Literaturangaben bei Morstatt, Die jährlichen Ernteverluste durch Pflanzenkrankheiten und Schädlinge. Berichte über Landw., 1929, 462. Ferner Babowitz, Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges. **40**, 1925, 304, Riehm, ebenda **44**, 1929, 798 und Klages, Über die Bekämpfung von Getreidekrankheiten durch chemische Mittel: Vortrag. Als Manuskript gedruckt 1925.

[5]) Ztschr. d. Landw. Kammer Braunschweig **86**, 1917, 28. Sammlung der Lübeckischen Gesetze **85**, 1918, 225 (im Jahre 1926 aufgehoben). Württ. Wochenschr. f. Landw., **37**, 1917, 539.

[6]) Lang, Welche Maßnahmen sind geeignet, die Anwendung der vorhandenen guten Pflanzenschutzmittel zur allgemeinen Durchführung zu bringen? Angew. Botanik **1**, 1919, 156.

[7]) Hiltner, Über den derzeitigen Stand der Frage der Beizung usw. Landw. Jahrb. Bayern **8**, 1918, 173. Derselbe, Über die Ursachen des vermehrten Auftretens des Steinbrandes usw. Landw. Jahrb. Bayern **10**, 1920, 39.

[8]) Schlumberger, Ein Beitrag zur Statistik der Getreidebeizung. Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 33.

erstrecken sich also nur auf etwa 1% des zur Aussaat kommenden Getreides. In Bayern angestellte Erhebungen[1]) ergaben, daß im Jahre 1928 etwa 45% des Winterweizens, 80% des Winterroggens und 66% der Wintergerste gebeizt wurden. Klages[2]) nimmt an, daß etwa die Hälfte des Getreides mit Trockenbeizmitteln, die andere mit Naßbeizmitteln gebeizt wird, und kommt zu dem Schluß, daß in Deutschland alljährlich etwa 800 t Beizmittel verbraucht werden.

Diese Schätzung dürfte zu hoch gegriffen sein; auch können die in Bayern gewonnenen Zahlen sicher nicht für ganz Deutschland gelten. Auf Grund von Angaben über den Absatz chemischer Beizmittel kann ich annehmen, daß in Deutschland vom Roggen nur höchstens 15—20%, vom Weizen etwa 40%, von Gerste etwa 15% und von Hafer höchstens 5% gebeizt werden.

Eine wesentliche Förderung hat das Beizen des Getreides in Deutschland durch die sog. Lohnsaatbeizstellen gefunden. Genossenschaften, einzelne Landwirte, Mühlenbesitzer und andere Privatunternehmen haben Beizstellen eingerichtet, an denen das von den Landwirten herangeschaffte Getreide gegen Bezahlung gebeizt wird. Anfänglich arbeiteten diese Lohnsaatbeizstellen nur mit Trockenbeizapparaten; in neuerer Zeit gibt es auch einzelne Lohnsaatbeizstellen, die Kurznaßbeizapparate besitzen. Um den Mißständen zu begegnen, die sich durch mangelhafte Beizung in diesen auf möglichst hohen Reingewinn bedachten Betrieben ergaben, wurde durch Polizeiverordnungen zunächst in Westfalen, dann auch in anderen Teilen Deutschlands, eine amtliche Kontrolle der Lohnsaatbeizstellen eingeführt. Die Hauptstellen für Pflanzenschutz können auf Grund dieser Verordnungen darauf dringen, daß nur brauchbare Beizapparate verwendet werden, die von geprüftem Personal bedient werden müssen. Durch Probeentnahme wird kontrolliert, ob das Getreide vorschriftsmäßig gebeizt ist. Unzuverlässige Betriebe können geschlossen werden. Das Verdienst, Ordnung im Lohnsaatbeizwesen geschaffen zu haben, gebührt Spieckermann.[3])

Auch in anderen Ländern wird das Beizen nicht nur von den einzelnen Landwirten, sondern auch von Genossenschaften oder gewerblichen Unternehmern ausgeführt. So gibt es in den Niederlanden[4]) Lohnbeizer, die mit einer am Fahrrad befestigten oder auf einem Kraftwagen aufgestellten Beiztrommel von Hof zu Hof ziehen und gegen Bezahlung beizen. Auch genossenschaftliches Beizen wird in den Niederlanden durchgeführt. Endlich liefern auch die Samenhändler fertig gebeiztes Getreide. In Dänemark[5]) wurde in früheren Jahren das Heißwasserbeizverfahren gegen Gerstenflugbrand von den Meiereien ausgeführt. In neuerer Zeit ist das Heißwasserbeizverfahren gegen Flugbrand in Dänemark ebenso wie in Deutschland vorwiegend auf Originalsaat beschränkt, wird also von den Saatzuchtfirmen angewendet.

---

[1]) Vgl. Morstatt Anm. 4, S. 228.

[2]) Klages, Bekämpfung von Schädlingen der Kulturgewächse durch chemische Mittel. Angew. Chemie **45**, 1932, 367.

[3]) Spieckermann, Warum brauchen wir eine amtliche Überwachung der Lohnsaatbeizung? Landw. Ztg. f. Westfalen und Lippe **90**, 1933, 691.

[4]) Nach brieflicher Mitteilung des Direktors des Plantenziektenkundige Dienst, Herrn Dr. van Poeteren.

[5]) Nach brieflicher Mitteilung des Direktors von Statens Plante Patologiske forsøg, Herrn Dr. Gram.

Trotz des Verbrauchs großer Mengen, zum Teil recht giftiger Beizmittel, sind nur wenige Fälle von Erkrankungen durch Beizmittel bekannt geworden.[1]) Bei der Anwendung von Naßbeizmitteln besteht die Gefahr einer Vergiftung nur insofern, als beim Öffnen der Büchsen Staub aufgewirbelt wird, dessen Einatmung zu Erkrankungen Anlaß geben kann. Bei den Trockenbeizmitteln besteht die Gefahr der Einwirkung giftigen Staubes nicht nur beim Öffnen der Packungen und dem Einschütten des Pulvers in die Beizgeräte, sondern auch beim Entleeren der Beiztrommeln, dem Einschütten des gebeizten Getreides in die Drillmaschine und unter Umständen sogar noch beim Drillen. Durch Tragen geeigneter Atemschützer, durch Verwendung von Apparaten mit Ventilatoren, die den Staub entfernen, oder durch Anwendung des Staubnaßbeizverfahrens lassen sich Vergiftungen bei der Anwendung von Trockenbeizmitteln verhüten.

Daß Reste von mit giftigen Beizmitteln gebeiztem Getreide nicht zur menschlichen Ernährung verwendet werden dürfen, versteht sich von selbst. Auch wenn dem Mahlgetreide nur 10% gebeizten Getreides zugesetzt wird, kann das Gebäck einen ekelerregenden Geruch annehmen.[2]) Auch zur Fütterung sollte man das Getreide nur verwenden, nachdem es gewaschen und wieder getrocknet worden und mit anderem Futter vermischt ist. Merkliche gesundheitliche Schädigungen sind beim Verfüttern gebeizten Getreides an Hühner nicht beobachtet worden.[3]) Die Veröffentlichung von Stock und Zimmermann[4]), nach der mit quecksilberhaltigen Mitteln gebeiztes Getreide Pflanzen liefert, deren Körner Spuren von Quecksilber enthalten, kann nicht etwa Anlaß dazu geben, das Beizen mit den wirksamen Quecksilberbeizmitteln einzustellen. Stock meint allerdings, daß die Möglichkeit von Gesundheitsschädigungen bei weiterer Ausbreitung des Beizens mit Quecksilbermitteln durch dauernde Aufnahme minimaler Mengen von Quecksilber nicht von der Hand zu weisen ist, gibt aber doch zu, daß die von ihm im Getreide gefundenen Quecksilbermengen so klein sind, daß vorläufig zu gesundheitlichen Bedenken kaum Anlaß besteht. Auch Schirmer[5]) weist darauf hin, daß die von Stock im Getreide gefundenen Quecksilbermengen nicht bedenklich sind; nach Untersuchungen des Hauptgesundheitsamtes der Stadt Berlin scheiden 90% aller Menschen Quecksilber in Mengen aus, die vielfach für gefährlich gehalten werden. Man stellte fest, daß diese Quecksilbermengen nicht nur mit Brot, sondern auch mit Fischen aufgenommen werden,

---

[1]) Riehm, Gesundheitsschädigungen durch Beizmittel. Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 19 und Veilchenblau, Neuartige Berufskrankheiten in der Landwirtschaft. Münch. Mediz. Wochenschr. **79**, 1932, 432.

[2]) Vgl. Zeitschr. für d. ges. Getreidewesen **12**, 1928, 256.

[3]) Nieber, Beitrag zur Frage der Schädlichkeit gebeizten Getreides usw. Dissertation 1925. Raatz, Futterversuche mit trockengebeiztem Weizen. Arb. d. Landw. Kammer f. d. Prov. Sachsen **47**, 1926, 233. Siegwardt, Darf mit der Trockenbeize Tillantin gebeizter Weizen an Haushühner verfüttert werden? Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **7**, 1927, 77.

[4]) Stock und Zimmermann, Geht Quecksilber aus Saatgutbeizmitteln in das geerntete Korn und in das Mehl über? Ztschr. f. angew. Chemie **41**, 1928, 1336. Vgl. auch Heubner, Ztschr. physiol. Chemie **17**, 1928, Beil. 7.

[5]) Schirmer, Geht das Quecksilber aus Saatgutbeizmitteln in das Getreide über? Umschau **35**, 1931, 1007.

die zum Teil Quecksilber enthalten. In neuerer Zeit ist übrigens die chemische Industrie in Deutschland bemüht, quecksilberarme oder sogar quecksilberfreie Beizmittel herzustellen. Die von Kisser und Portheim[1]) ausgeführten Laboratoriumsversuche mit $H_2O_2$ ergaben eine Abtötung der *Tilletia*-Sporen, lassen aber noch keine Schlüsse auf die praktische Brauchbarkeit des Verfahrens zu.

## 2. Beizen anderer Sämereien.

Es gibt kaum Kulturpflanzen, deren Samen man nicht schon versuchsweise gebeizt hätte. Hier soll nicht etwa eine erschöpfende Übersicht über alle diese Versuche gegeben werden, vielmehr möchte ich nur einige wichtigere Kulturpflanzen herausgreifen, bei denen entweder die Zweckmäßigkeit des Beizens besonders umstritten ist oder deren Erwähnung aus anderen Gesichtspunkten gerechtfertigt erscheint. Außer den vier Hauptgetreidearten hat man häufig auch Mais gebeizt. Das Beizen von Mais hat unter Umständen Berechtigung, wenn man beabsichtigt, *Diplodia zeae*, *Gibberella saubinetii*, *Basisporium gallarum*, *Fusarium moniliforme* oder *Cephalosporium acremonium* zu bekämpfen[2]), in Kansas z. B. ruft aber *Fusarium moniliforme* so geringe Schäden hervor, daß sich das Beizen nicht lohnt.[3]) Soll Mais in einer Gegend angebaut werden, in der er bisher noch nicht gebaut war oder *Ustilago mayidis* noch unbekannt ist, so muß das Saatgut gebeizt werden, um die Verschleppung des Maisbrandes zu verhüten. Angaben über das Beizen von Hirse und Futtergräsern finden sich z. B. bei Hollrung.[4]) Gegen eine *Helminthosporium*-Krankheit des Reis ist Heißwasserbeize ohne Vorquellen wirksam.[5]) Auch die Anwendung von kalter oder warmer Sublimatbeize hat sich bei Reis als vorteilhaft erwiesen.[6])

Umstritten ist die Frage der Beizung von Rübenknäulen. Seitdem Busse und Peters[7]) gezeigt haben, daß der Wurzelbrand nicht nur durch die am Saatgut haftende *Phoma betae*, sondern auch durch die im Boden lebenden *Pythium de Baryanum* und *Aphanomyces laevis* hervorgerufen werden kann, ist ohne weiteres klar, daß die Beizung kaum Zweck haben kann, wenn das Saatgut in einen Boden gebracht wird, der mit dem genannten *Pythium* oder *Aphanomyces* verseucht ist.

Ein gewisser Erfolg des Beizens gegen die im Boden lebenden Wurzelbranderreger würde nur zu erwarten sein, wenn durch die Umhüllung des Rübenknäuels mit fungiziden Stoffen, wie sie besonders bei der Bekrustungs- oder der

[1]) Kisser, J., und Portheim, L., Verwendbarkeit von Wasserstoffsuperoxyd als Saatgutbeizmittel. Phytopath. Ztschr. **7**, 1934, 409.

[2]) Holbert and Koehler, Results of seed-treatment experiments with yellow dent corn. U. S. Dept. of Agric. Techn. Bull. **260**, 1931.

[3]) Melchers, L. E. and Brunson, A. M., Effect of chemical treatments of seed corn on stand and yield in Kansas. Journ. Amer. Soc. of Agron. **26**, 1934, 909. Vgl. auch McClelland, C. K., and Young, V. H., Seed corn treatments in Arkansas, Journ. Amer. Soc. of Ag. **26**, 1934, 189.

[4]) Hollrung, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. 1919, S. 280.

[5]) Nisikado, Treatment of the rice seeds for Helminthosporiose. Ber. Ohara Inst. **1**, 1918, 543.

[6]) Loh, T. C., An improved method for the control of seed-borne diseases of rice. Lignan Science Journ. **13**, 1934, 603.

[7]) Busse und Peters, Über die Erreger des Wurzelbrandes. Arb. aus der Biolog. Reichsanstalt **8**, 1931, 211.

Trockenbeize erreicht wird, die im Boden lebenden Pilze von den Keimpflänzchen ferngehalten werden, oder wenn durch starke Beschleunigung der Keimung und ersten Entwicklung das anfällige Stadium schnell überwunden wird. Mit der Frage nach der Beeinflussung der Mikroflora des Bodens durch Aussaat gebeizter Rübenknäuel haben sich Gehring und Brothuhn[1]) beschäftigt, ohne aber zu prüfen, inwieweit die Wurzelbranderreger durch gebeizte Rübenknäuel in ihrem Wachstum gehemmt werden.

Daß durch eine Beschleunigung der Jugendentwicklung der Wurzelbrandbefall herabgesetzt werden kann, scheinen die Versuche Gäumanns[2]) zu beweisen; Gäumann erzielte diese Beschleunigung nicht durch Beizung, sondern durch Volldüngung. Beizmittel, die eine Keimungsbeschleunigung herbeiführen, würden also den Wurzelbrandbefall vermindern. Der Beweis dafür, daß durch Beizen die im Boden lebenden Wurzelbranderreger direkt oder indirekt unschädlich gemacht werden können, ist noch nicht erbracht. Es fehlt aber auch noch der Beweis für die Zweckmäßigkeit des Beizens gegen *Phoma betae*. Gewiß kann man den Phomabefall durch Beizen mit verschiedenen chemischen Mitteln oder durch fraktionierte Heißwasserbeize herabsetzen[3]), es fehlt aber der exakte Beweis dafür, daß hierdurch eine Ertragserhöhung oder eine merkliche Ersparung an Saatgut erzielt wird. Die bisher veröffentlichten Versuche, durch die der Beweis für eine Ertragserhöhung durch Rübenbeizung erbracht werden soll, weisen meist den Fehler auf, daß zum Vergleich mit den angewendeten Naßbeizmitteln nicht auch ein Versuch mit Wasser angesetzt wurde[4]); daß aber durch Wasserbehandlung der Rübenknäuel eine schnellere Jugendentwicklung und zuweilen sogar eine Ertragssteigerung erzielt werden kann, ist bekannt.[5]) Rumbold[6]) berichtet über Ertragssteigerung durch Beizen der Rübenknäuel mit Formaldehyd und Wasserdampf, macht aber keine näheren Angaben über die Versuchsanstellung, Zahl der Wiederholungen usw., so daß die Beweiskraft dieser Versuche nicht beurteilt werden kann. Exakte Versuche von Plaut[7]) zeigten, daß durch Beizen der Zuckerrübenknäuel keine Ertragssteigerung zu erzielen ist. Auch die Versuche des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, bei denen von verschiedenen Hauptstellen für Pflanzenschutz gebeizte Rübenknäuel mit sechsfacher Wiederholung ausgesät wurden, ergaben keine Ertragssteigerung. Es ist auch durchaus

---

[1]) Gehring und Brothuhn, Über die Einwirkung der Beizung von Rübenknäulen auf die biologischen Vorgänge des Bodens. Zentralbl. f. Bakt., Abt. II, **63**, 1925, 67.

[2]) Gäumann, Über die Bekämpfung des Wurzelbrandes der Zuckerrüben. Landw. Jahrb. der Schweiz **42**, 1928, 571.

[3]) Literatur bei Hollrung, Die krankhaften Zustände, 1919, S. 292. Ferner Terényi, Die Bekämpfung des Wurzelbrandes der Zuckerrübe. Pflanzenbau **5**, 1928/29, 309.

[4]) Z. B. Kotthoff, Der Einfluß der Rübenkernbeizung auf die Erträge der Runkelrüben. Landw. Ztg. für Westfalen und Lippe **82**, 1925, 189.

[5]) Vgl. Plaut, Altes und Neues zu Beizfragen, speziell bei Rübensaat. Der Züchter **1**, 1929, 12. — Beiz- und Stimulationsversuche mit Zuckerrübensamen und Getreide. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **36**, 1926, 321. — Arrhenius, Försök till bekämpande av betrotbrand, Meddelande **277**, 1925.

[6]) Rumbold, Desinfektion der Zuckerrübensamen mit Formaldehydgas und Dampf. Angew. Bot. **6**, 1924, 427.

[7]) Plaut, Anm. 5; Ders., Wurzelbrandauflauf und Beizung von Rübensamen. Nachr. f. Schädlingsbekämpfung **4**, 1929, Nr. 1.

begreiflich, daß bei einem Saatgut, selbst wenn es einen Phomabefall von 60 bis 70% aufweist, die Beizung zwecklos ist. Bei einer Drillsaat von 30 kg auf 1 ha kommen nach Becker[1]) etwa 2 Millionen Keimpflänzchen. Von diesen Pflanzen bleiben nur etwa 125000 stehen; es werden also beim Verziehen etwa 94% vernichtet. Durch Verziehen der Rüben werden also viel mehr Pflanzen beseitigt als durch einen mittleren Phomabefall. Das Beizen des Rübensaatgutes gegen Phoma muß also als zwecklos betrachtet werden, sofern nicht besonders stark verseuchtes Saatgut vorliegt und solange nicht der Beweis erbracht ist, daß durch Beizen eine wesentliche Saatgutersparnis erzielt wird oder die im Boden lebenden Wurzelbranderreger von den Rübenpflänzchen ferngehalten werden. Man weist zwar gern darauf hin, daß viele Rübenwirtschaften ihr Saatgut beizen und daß auch im Ausland das Beizen des Rübensaatgutes viel angewendet wird.[2]) Dies beweist nur, daß viele Landwirte, die ihr Rübensaatgut beizen, sich noch nicht die Mühe gemacht haben, exakte Ertragsversuche auszuführen, sondern daß sie der Suggestion unterliegen, die der gleichmäßige Aufgang gebeizter Rübensaat ausübt. Im Ausland liegen die Verhältnisse vielleicht anders; es ist sehr wohl möglich, daß in ozeanischem Klima, z. B. in Holland, die Infektionsbedingungen für Phoma so günstig sind, daß holländisches Saatgut stärker von Phoma infiziert ist als deutsches. Hierauf deutet auch eine Bemerkung von Doyer[3]), nach der ein Phomabefall von 88% die Regel ist. In Holland wird deshalb vorwiegend Rübensaatgut gekauft, das vom Züchter oder Händler bereits trocken gebeizt worden ist.[4]) In früheren Jahren wendete man zur Bekämpfung von *Phoma betae* warme (42° C) Kupfervitriollösungen (0,25%) an, in die das Rübensaatgut 3 Stunden eingetaucht wurde.[5]) In Dänemark werden jährlich wenigstens 3000 t Rübensaatgut kurznaßgebeizt von den Saatgutfirmen geliefert.[6]) In Ländern mit kontinentalem Klima ist das Beizen gegen Phoma zwecklos; so wird es z. B. von maßgebenden Stellen der Tschechoslowakei entschieden abgelehnt.[7]) Die Verschleppung der *Cercospora* kann durch Beizen des Rübensaatgutes verhindert werden, doch ist das Beizen nur zu diesem Zweck nach Stolze[8]) kaum lohnend. — Erwähnt werden muß auch, daß man empfohlen hat, Rübensaat mit Naphthalin zu behandeln, um die Keimpflänzchen vor *Atomaria linearis* zu schützen; das Verfahren hat sich nicht bewährt.[9])

---

[1]) Becker-Dillingen, Handbuch des Hackfruchtbaues und Handelspflanzenbaues, Berlin 1928.

[2]) Grottkass, Die Notwendigkeit der allgemeinen Einführung der Beizung von Zuckerrübensamen. Zentralbl. f. d. Zuckerindustrie 1928, Sonderdruck.

[3]) Doyer, Lieferung gebeizten Saatgutes ist in vielen Fällen empfehlenswert. Nachr. über Schädlingsbekämpfung **7**, 1932, 13.

[4]) Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Direktor Dr. van Poeteren.

[5]) van Poeteren, Aantasting van suikerbieten en mangelwortels door phoma betae Frank. Versl. pen. meded. van den plantenziekt. dienst Nr. 47, 1927.

[6]) Briefliche Mitteilung von Direktor Dr. Gram.

[7]) Stehlik und Neuwirth, Soll Rübensamen stimuliert und gegen Wurzelbrand gebeizt werden? Ztschr. Zuckerind. Tschechosl. Rep. **51**, 1926/27, 435 und **53**, 1928/29, 181.

[8]) Stolze, Beitrag zur Biologie usw. der Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe. Arb. aus der Biol. Reichsanstalt **19**, 1932, 337.

[9]) Vgl. Stehlik, Versuche mit Naphthalinbehandlung des Rübensamens zur Vertreibung von Schädlingen. Ztschr. Zuckerind. Tschechosl. Rep. **53**, 1929, 333.

Der lebhaften Propaganda von Pflanzenschutzmittelfabriken ist es zuzuschreiben, daß in Deutschland Samen von Gemüsepflanzen im weitesten Maße gebeizt werden. Eine exakte Nachprüfung zeigt allerdings, daß beim Beizen von Gemüsesämereien eine gewisse Vorsicht am Platze ist. So hat Niethammer[1]) darauf hingewiesen, daß Gemüsesamen nicht wie Getreide durch eine semipermeable Schale gegen Keimschädigungen bis zu einem gewissen Grade geschützt sind. Die Beizempfindlichkeit der Gemüsesamen hängt ab von der Lage des Embryos, der Entwicklung der Mikropyle, von der Dicke der Samenschale und ihrer Oberfläche (Wachsüberzug, Haare), von dem Ölgehalt der Samen und von ihrem Quellvermögen.[2])

Einige Samen, z. B. die von Erbse und Gurke, haben Samenschalen, die Beizflüssigkeiten sehr schwer eindringen lassen[3]), so daß hier Keimschädigungen kaum auftreten, während andere, wie z. B. Tomate und Kohl, in ihren Samenschalen quecksilberhaltige Beizmittel stark speichern, so daß besonders bei längerer Beizdauer Schädigungen eintreten. Aber auch die einzelnen Sorten derselben Pflanzenart verhalten sich gegenüber Beizmitteln ganz verschieden, wie Junges[4]) Versuche mit vier Tomatensorten deutlich zeigen. Die Anwendungsmöglichkeit von Quecksilberbeizmitteln ist bei jeder Tomatensorte erst zu erproben; dies beweisen auch die Versuche von Sprenger.[5]) Auf die Beizempfindlichkeit der Tomaten haben auch Zimmermann[6]) und vor ihm Muller[7]) hingewiesen. Jozefowicz[8]) stellte fest, daß gut keimfähige Tomatensaat gegenüber Formaldehyd und Sublimat viel widerstandsfähiger ist als Saatgut, das nur mit etwa 80% keimt. Sehr widerstandsfähig sind Tomatensamen gegenüber Kupfervitriol.[9])

Zum Beizen von Kohlsamen gegen die Schwarzbeinigkeit *(Phoma lingam)* bewährte sich in den Vereinigten Staaten Heißwasserbeize[10]) oder Sublimat.

---

[1]) Niethammer, Die dosis toxica und tolerata der Beizmittel als eine Komponente der physiko-chemischen Struktur des Samenkornes. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **40**, 1930, 44. 517. — Dieselbe, Die Beizung unseres Gemüsesaatgutes mit Germisan. Die Gartenbauwissenschaft **6**, 1932, 650.

[2]) Reinmuth, E., Beiträge zur Frage der Gemüsesamenbeizung usw. Angew. Bot. **16**, 1934, 441.

[3]) Über Lupinenbeizung vgl. z. B. Eichinger, Zur Beizung des Lupinensaatgutes. Deutsche Landw. Presse **50**, 1923, 119 und Frohberg, Das Beizen der Saatlupinen usw. Märkischer Landwirt **4**, 1923, 133.

[4]) Junge, Vorsicht beim Beizen des Saatgutes. Geisenheimer Mitteilungen **42**, 1927, 5.

[5]) Sprenger, Onderzoekingen naar den invloed van eenige ontsmettingsmiddelen etc. Tijdskrift for Plantenziekten **31**, 1925, 75.

[6]) Zimmermann, Untersuchungen über die Beeinflussung der Keimung von Tomatensamen durch Beizung usw. Gartenbauwissenschaft **2**, 1929, 79.

[7]) Muller, Onderzoekingen naar den invloed van eenige ontsmettingsmiddelen etc. Landbouwhochschool Wageningen, Nr. 2, 1925.

[8]) Jozefowicz, The effect of certain treatments on the germination of tomato seeds. Ann. of appl. Biology **17**, 1930, 504.

[9]) Vgl. Jozefowicz a. a. O. und Horsfall, Combating damping-off of tomatoes by seed treatment. New York State Agric. Expt. Stat., Bull. **586**, 1930.

[10]) Chupp, Combating diseases of vegetables. Cornell Extens., Bull. **171**, 1928 und Walker, Seed treatment and rainfall in relation to the control of cabbage black-leg. U. S. Stat. Dept. Agric., Bull. **1029**, 1922. Vgl. auch Walker, The hot water treatment of cabbage seed. Phytopath. **13**, 1923, 251.

Einzelne Herkünfte waren auch gegenüber Sublimat empfindlich, so daß auch beim Beizen von Kohlsamen Vorsicht geboten ist.

Bohnensorten verhalten sich gegenüber Beizmitteln ganz verschieden[1]); diese Unterschiede werden zum Teil auf verschiedenes Quellungsvermögen zurückgeführt.[2]) Bei Erbsen scheint sich besonders das Trockenbeizverfahren zu bewähren[3]), doch liegen auch erfolgreiche Versuche mit Naßbeizmitteln vor[4]); es fehlt aber auch hier noch an umfangreichen Sortenversuchen. Gewisse Erfahrungen mit dem Beizen verschiedener Gemüsesamen hat man bereits in den Vereinigten Staaten; zusammenfassende Anweisungen gibt z. B. Chupp.[5]) Häufig wurde beobachtet, daß Trockenbeizmittel die Gemüsesamen weniger schädigen als Naßbeizmittel; so wurden z. B. Kupferoxyd[6]) und Zinkoxyd[7]) mit gutem Erfolg zum Beizen von Spinatsamen angewendet. Auch bei den Versuchen von Steinberg[8]) schädigten Trockenbeizmittel die Keimfähigkeit verschiedener Gemüsesamen nicht. Es wäre aber falsch, diese Ergebnisse zu verallgemeinern, denn bei den Versuchen von Gante und Zimmer[9]) wurden Blumenkohlsamen durch einige Trockenbeizmittel mehr geschädigt als durch ein Naßbeizmittel.

Die Tatsache, daß auch die Samen von Zierpflanzen gebeizt werden, ist erwähnt[10]); auch Samen verschiedener Laubhölzer hat man gebeizt, und zwar weniger um parasitische Pilze zu bekämpfen, als um die ausgelegten Samen vor Mäusen zu schützen.[11]) Die Veröffentlichungen bieten aber nichts grundsätzlich Neues, so daß es sich erübrigt, näher darauf einzugehen; dasselbe gilt von dem Beizen der Samen von Futter- und Handelspflanzen (Klee, Tabak usw.). Erwähnt sei, daß die Samen von Tabak durch Heißwasserbeize sehr leiden.[12]) Leinsamen darf nicht nach dem Tauchbeizverfahren gebeizt werden, weil die Samen sonst völlig miteinander verkleben; außerdem speichert die Schleimschicht der Lein-

[1]) Reichelt, Beizversuche mit Uspulun bei Buschbohnen. Geisenheimer Mitteilungen **37**, 1922, 176.

[2]) Peters, Das Beizen von Bohnensaatgut. Der Deutsche Erwerbsgartenbau **21**, 1925, 284.

[3]) Hanow, Erbsenbeizversuche. Nachr. über Schädlingsbekämpfung **4**, 1929, 22. Ebenda **7**, 1932, 20.

[4]) Vgl. z. B. Molz und Müller, Über die Bekämpfung der Schwarzbeinigkeit der Erbsenkeimlinge usw. Landw. Wochenschr. Prov. Sachsen **26**, 1924, 211.

[5]) Chupp, Combating diseases of vegetables. Cornell Extens Bull. **171**, 1928.

[6]) Erwin and Crandall, Seed treatment studies of spinach. Phytopath. **24**, 1934, 8 und Cook and Callenbach, Spinach seed treatment. Virginia Truck. Exp. St., Bull. **87**, 1935.

[7]) Horsfall, J. G., Zinc oxide as a seed and soil treatment for damping-off. N. York St. Agric. Exp. Stat., Bull. **650**, 1934.

[8]) Steinberg, Zur Frage der Gemüsesamenbeizung. Mitteil. Deutsch. Landw. Ges. **48**, 1933, 387.

[9]) Gante und Zimmer, Einige Beizversuche mit Gemüse- und Zierpflanzensämereien. Gartenbauwiss. **8**, 1934, 609.

[10]) Vgl. z. B. Goldammer, Beizversuche mit *Asparagus sprengeri*. Die Gartenwelt **29**, 1925, 691 und Gante und Zimmer, Anm. 9.

[11]) Bauer, Das Beizen von Gehölzsamen. Die Gartenwelt **31**, 1924, 705.

[12]) Cros, J., Disinfezione dei semi del tabacco con l'acqua calda. Boll. Techn. Inst. Exp. Bucarest **21**, 1932, 268.

samen die Beizmittel, so daß leicht Keimschädigungen eintreten.[1]) Man wendet deshalb für das Beizen von Leinsamen entweder das Kurznaßbeizverfahren[2]) oder besser das Trockenbeizverfahren[3]) an. Versuchsweise hat man auch die Gasbeize mit Formaldehyd angewendet.[4]) Auch Koniferensamen[5]) hat man gebeizt. Versuche mit Uspulun und Sublimat zeigten, daß eine Besserung „verlorener Samenfrische oder ungünstiger Keimumstände" durch Beizung nicht erreicht wird.[6]) Auch die Samen tropischer Nutzpflanzen werden nach verschiedenen Methoden gebeizt. So beizt man die Samen von Baumwolle zur Bekämpfung des roten Kapselwurmes *(Gelechia gossypiella)* nach dem Gasbeizverfahren mit Blausäure[7]), Chlorpikrin[8]), Schwefelkohlenstoff[9]) oder wegen der geringeren Gefährlichkeit mit heißer Luft, indem man das Saatgut im Freien auf Eisenplatten ausbreitet und es der Sonnenwärme aussetzt.[10]) Auch künstliche Wärme wird zur Behandlung von Baumwollsamen verwendet.[11]) In besonderen Apparaten wird das Saatgut 5 Minuten auf 55° C erhitzt, verläßt dann den Apparat mit etwa 50° C und bleibt 2 Stunden in Säcken stehen.[12]) Zur Bekämpfung einiger parasitischer Pilze und Bakterien beizt man nach dem Vorgange Duggars die Baumwollsaat mit konzentrierter Schwefelsäure[13]), ein Verfahren, das von Sherbakoff[14]) später abgeändert wurde. Auch die Naßbeizung mit Sublimat[15]) und anderen quecksilberhaltigen Beizmitteln[16]) sowie das Trockenbeizverfahren[17]) hat

---

[1]) Gentner, Bayerische Leinsaaten. Faserforschung **3**, 1923, 277.

[2]) Schoevers, Flax seed disinfection. Rep. Intern. Conf. of Phytopath. Holland, 1923, 116.

[3]) Schirmer, Pilzkrankheiten des Flachses. Deutsche Landw. Presse **53**, 1926, 428 und Schilling, Zur Frage der Trockenbeizung an Leinsaat. Faserforschung **6**, 1927, 105.

[4]) Westerdijk, Neueres über Flachskrankheiten. Jahresber. Verein. Angew. Bot. **16**, 1918, 1.

[5]) Baudyš, Bericht über die Tätigkeit usw. Ztschr. Pflanzenkrankh. **36**, 1926, 320.

[6]) Schmidt, Werner, Unsere Kenntnis vom Forstsaatgut, Berlin 1930.

[7]) Rasch, Der augenblickliche Stand der Ausbreitung der Blausäure in der Schädlingsbekämpfung. Ztschr. f. angew. Entomol. **14**, 1928, 316.

[8]) Stauer, La désinfection des graines de coton. Bull. agric. Congo Belge **21**, 1930, 830. Über die Wirkung von Chlorpikrin auf die Keimfähigkeit des Baumwollsaatgutes vgl. Shabetai, Referat in Rev. Appl. Entom. **22**, 1935, 6.

[9]) Morstatt, La lutte contre l'anthonome du coton etc. Inst. International d'Agriculture, Rapp. sur l'ordre du jours de la section „Parasites du coton", 1927, 340.

[10]) King, Work of entomological section. Rev. appl. Entomol., Serie A, **16**, 1928, 467.

[11]) Clousten, Rev. of Agric. Operations in India. 1926/27. Rev. appl. Entom., Serie A, **16**, 1928, 550. — Mc Donald, Cotton seed disinfection etc. 4. Internat. Kongreß Entomolog. Ithaca **2**, 1929, 552. — Leplae, Le ver rose du coton etc. Rev. appl. Entom. Ser. A, **16**, 1928, 535.

[12]) Bredo, Referat in Rev. Appl. Entom. **23**, 1935, 218.

[13]) Archibald, Sulfuric acid treatment of cotton seed. Soil Science. Phytopathology **23**, 1933, 1.

[14]) Sherbakoff, A modified method of delinting cotton seed etc. Phytopathology **17**, 1927, 189.

[15]) Morstatt, vgl. Anm. 9.

[16]) Tilemans, Les influences de la désinfection etc. Bull. Agric. du Congo Belge **21**, 1930, 833.

[17]) Tilemans, a. a. O., Forsteneichner, Beizversuche an Baumwollsamen etc. Nachr. f. Schädlingsbekämpfung **5**, 1930, 136. — Wille, Die Bekämpfung der Chupadera-Krankheit der Baumwolle etc. Ebenda **7**, 1932, 15.

man bei Baumwollsaat angewendet. Von anderen tropischen Samen sei noch der Kaffee erwähnt, der zur Bekämpfung des Kaffeebeerenkäfers mit Schwefelkohlenstoff begast wird.[1]) Chlorpikrin tötet alle Stadien dieses Schädlings ab, wenn man 5 g auf 1 cbm 8 Stunden einwirken läßt; Keimschädigungen treten nicht ein. Dieselbe Wirkung erzielt man mit 10 g oder 15 g oder 50 g auf 1 cbm, die man 4 Stunden, bzw. 2 Stunden bzw. 1 Stunde einwirken läßt.[2])

### 3. Beizen von Knollen und Zwiebeln.

Das Beizen von Knollen ist besonders zu erwähnen, weil die Behandlung von Saatknollen mit Beizflüssigkeiten ganz andere Schwierigkeiten bietet als das Beizen von Samen. Auf diese Schwierigkeiten haben Schlumberger[3]) und später Braun[4]) hingewiesen. Während das Getreidekorn und Samen von Gemüse oder Zierpflanzen im völligen Ruhezustand sind und infolge ihrer Quellbarkeit größere Mengen von Beizflüssigkeit aufnehmen können, ist die Knolle ein mehr oder weniger wasserhaltiger Pflanzenteil, der nur wenig Flüssigkeit aufnimmt; außerdem befinden sich die Knollen nur in der ersten Zeit nach der Ernte im Ruhestadium, später werden die schlafenden Augen mobilisiert, so daß dann leicht Schädigungen durch Beizflüssigkeiten eintreten. Die verschiedenen Kartoffelsorten befinden sich im Frühjahr in ganz verschiedenen Entwicklungsstadien; die Augen der Frühkartoffeln sind schon weit entwickelt und daher auch gegenüber Beizmitteln besonders empfindlich. In Deutschland, wo das Beizen von Kartoffelknollen bereits im Jahre 1852 ausgeführt wurde[5]), war man von der Behandlung der Saatknollen bald abgekommen. Im Jahre 1918 empfahl Hiltner Sublimatbeize für geschnittene Knollen; dabei sollten aber nur die Schnittflächen behandelt werden, um das Eindringen von Fäulnisbakterien zu verhindern.[6]) Ausgedehnte Versuche, die im Jahre 1923 aufgenommen wurden, zeigten, daß für Kartoffeln kein Beizverfahren allgemein empfohlen werden kann.[3])

In den Vereinigten Staaten wird das Beizen der Saatknollen gegen Schorf und *Rhizoctonia solani* ganz allgemein empfohlen; man verwendet entweder 0,16%igen Formaldehyd, den man bei gewöhnlicher Temperatur 2 Stunden, bei 50° C 2½ Minute einwirken läßt, oder Sublimat.[7]) Die Wirkung dieser Beiz-

[1]) Gandrup, Eenige Gegevens over het ontsmetten. Meded. Koffiebessenboeboek fonds **9**, 1924, 224.

[2]) Mallamaire, La désinfection des semences de caféiers par la chloropicrine. Referat in Rev. Appl. Entom. **24**, 1936, 4.

[3]) Schlumberger, Tagesfragen zur Kartoffelbeizung. Mitt. der Deutschen Landw. Ges. **34**, 1924, 236.

[4]) Braun, Die Bekämpfung von *Hypochnus solani* durch Beizung. Arb. d. Biolog. Reichsanstalt **14**, 1926, 411 und Über den Wert der Kartoffelbeizung. Fortschr. d. Landw. **1**, 1926. 201.

[5]) Schlumberger, Anm. 3.

[6]) Hiltner, Über die Wirkung einer Beizung geschnittener Saatkartoffeln. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau und -schutz **16**, 1918, 25.

[7]) Gilman and Melhus, Further studies on potato seed treatment. Phytopathol. **13**, 1923, 341. — Leach, Johnson and Parson, The use of acidulated mercuric chloride in disinfecting potato tubers usw. Ebenda **19**, 1929, 713. — Melhus, Cooperative potato seed treatment experiments. Ebenda **11**, 1921, 59. — Porter, Cooperative seed treatment using hot formaldehyde. Ebenda **11**, 1921, 59. — Mc Millan, Potato seed treatments in westerns states. Ebenda **12**, 1922, 39. — Melhus, Gilman and Kendrick, The fungicidal action of formaldehyde. Jowa Res. Bull. **59**, 1920.

mittel soll erhöht werden, wenn man die Knollen vorher mit Wasser besprengt und 24—48 Stunden bedeckt liegen läßt.[1]) Die Kartoffelbeizung scheint in den Vereinigten Staaten ziemlich viel angewendet zu werden; man hat dort auch festgestellt, welche Konzentration die Flüssigkeit haben muß, mit der die verbrauchte Sublimatlösung[2]) oder die Formaldehydlösung[3]) ersetzt wird. Durch Zusatz von Salzsäure wurde die Wirkung des Sublimats nicht erhöht.[4]) In Holland hatte Quanjer[5]), in den Vereinigten Staaten Dippenaar[6]) Erfolg mit Sublimatbeize gegen *Actinomyces*-Schorf. In Deutschland konnte Braun[7]), der auf Grund exakter Laboratoriumsversuche Kartoffelbeizungen mit Sublimat gegen *Hypochnus* ausführte, mit keinem Verfahren eine befriedigende Abtötung des Pilzes ohne Schädigung der Saatknollen erzielen. Sanford und Marritt[8]) dagegen fanden Formaldehyd- und Sublimatkonzentrationen, die selbst große Sklerotien von *Rhizoctonia solani* abtöteten, ohne die Knollen zu schädigen. Bisby[9]) hatte weder mit Sublimat-Naßbeizverfahren noch mit Kupferkarbonat-Trockenbeize befriedigenden Erfolg gegen *Rhizoctonia*. Schwarzbeinigkeit konnte weder durch Formaldehyd- noch durch Sublimatbeize bekämpft werden.[10]) Heißluftbeize von Kartoffelknollen hat man in den Vereinigten Staaten zur Bekämpfung von *Phytophthora* versuchsweise angewendet.[11]) Die Einführung dieses Verfahrens in die Praxis scheiterte vermutlich an den oben angeführten Gründen (Ungleichmäßigkeit der Entwicklung der Augen usw.). Über die Empfindlichkeit von Kartoffelknollen gegenüber feuchter und trockener Hitze liegen Untersuchungen vor.[12])

Eine eigenartige Beizmethode für Kartoffeln besteht in der Einführung von Stäbchen, die mit wirksamen Stoffen überzogen werden, in die Knolle. Erfolge mit dieser Methode sind nicht erzielt.[13])

Zur Bekämpfung der Kartoffelmotte wendet man eine Gasbeize mit Schwefel-

---

[1]) Raeder, The effect of pre-sprinkling with water on the hot-formaldehyde and corrosive sublimate methods etc. Phytopathology **13**, 1923, 512.

[2]) White, Loss of strengths of mercuric chlorid solutions etc. Phytopathology **14**, 1924, 58. — Cross, A field test of mercuric chloride solutions etc. Ebenda **15**, 1925, 241.

[3]) Blodgett and Perry, Additions of formaline to maintain the concentration uniform etc. Phytopathology **12**, 1922, 39.

[4]) Leach, Johnson and Parson, The use of acidulated mercuric chloride etc. Phytopathology **19**, 1929, 713.

[5]) Quanjer, Over de Betekenis van het Pootgoed voor de Verspreidiing van aardappelziekten etc. Meded. Rijks Hoogen Land, Tuin en Boschbowsch **9**, 1916, 94.

[6]) Dippenaar, B. J., Environment and seed treatment in relation to common potato scab. Phytopath. **23**, 1933, 9.

[7]) Braun, Die Bekämpfung von *Hypochnus solani P. u. D. (Rhizoctonia solani K.)* durch Beizung. Arb. aus der Biol. Reichsanstalt **14**, 1926, 411.

[8]) Sanford, G. B. and Marritt, J. W., The toxicity of formaldehyde and mercuric chloride solutions on various sizes of sclerotia of *Rhizoct. solani*. Phytopath. **23**, 1933, 270.

[9]) Bisby, Potato seed treatment tests in Manitoha. Phytopathology **14**, 1924, 58.

[10]) Tucker and Harber, Seed treatment for potato blackleg. Scientif. Agric. **14**, 1933/34, 70.

[11]) Vgl. Schlumberger, Anm. 3, S. 237.

[12]) Blodgett, Time-temperature curves for killing potato tubers etc. Phytopathology **13**, 1923, 465.

[13]) Schneider, Eine neue Methode des Beizens von Saatkartoffeln. Deutsche Landw. Presse **51**, 1924, 116.

kohlenstoff (16—19 g auf 1 cbm) an. Größere $CS_2$-Mengen schädigen die Keimfähigkeit der Kartoffeln.[1]

Außer Kartoffelknollen hat man auch Bataten[2] und Gladiolenknollen[3] gebeizt, um Fäulnispilze zu bekämpfen.

Das Beizen von Blumenzwiebeln wird besonders in Holland regelmäßig durchgeführt; nach van Slogteren[4] werden dort jährlich Zwiebeln im Werte von einigen Millionen Gulden mit Heißwasser behandelt. Man bekämpft auf diese Weise in erster Linie die Älchenkrankheit der Hyazinthe und Narzissen *(Tylenchus devastatrix)*, ferner die Narzissenfliegen *(Merodon equestris* und *Eumerus strigatus)*[5], und die Milbe *Rhizoglyphus hyacinthi*[6]. Die Zwiebeln werden in einem Behälter mit Wasser von 43,5° C gebracht und vollständig untergetaucht; die Wassermenge darf im Verhältnis zur Zwiebelmenge nicht zu klein sein, man soll nach van Slogteren[7] z. B. in einen Behälter von 1½ hl Fassungsvermögen nicht mehr als 1 hl Zwiebeln bringen.

Narzissen bleiben je nach der Größe der Zwiebeln 3—4 Stunden, Hyazinthen 2½—3½ Stunden in dem Wasser, dessen Temperatur möglichst genau auf 43,5° C gehalten wird. Nach Ablauf der Beizdauer werden die Zwiebeln auf einem nicht verseuchten Platz zum Trocknen dünn ausgebreitet; sie dürfen nicht in schon benutzte Säcke gefüllt werden, es sei denn, daß diese vorher ausgekocht sind. Gegen den Hyazinthenrotz hilft die Behandlung nicht, weil die letale Temperatur für *Pseudomonas hyacinthi* bei 47,5° C liegt.[8] Das gleichzeitig von van Slogteren und Ramsbotten[9] empfohlene Heißwasserbeizverfahren für Hyazinthen- und Narzissenzwiebeln wird auch in den Vereinigten Staaten angewendet[10], wo man auf diese Weise auch *Tarsonemus approximatus* an Narzissenzwiebeln bekämpft. Weiß[11] macht darauf aufmerksam, daß durch die Heißwasserbeize von Narzissenzwiebeln eine Fusariumfäule verbreitet werden kann, weil die Mikrokonidien des Pilzes sogar nach 8stündiger Behandlung mit Wasser von 43,5° C noch lebensfähig sind; Weiß empfiehlt deshalb, dem heißen Wasser noch ein

---

[1]) Spencer and Strong, The potato tuber worm. Virginia Exp. St., Bull. **53**, 1925.

[2]) Layton, Control of sweet potato stem rot. Phytopathology **20**, 1930, 116.

[3]) Vgl. z. B. Löbener, Uspulun zum Beizen erkrankter Gladiolenzwiebeln. Nachrichtenbl. der Landw. Abtlg. Bayer. **3**, 1924, 83 und White, R. P., Mercury ammonium silicate as a Gladiolus corm treatment. Phytopath. **24**, 1934, 1122.

[4]) Van Slogteren, De Toetassing van Warmte bej de Bestrijding van Bloembollenziekten etc. 20. Niederl. Natuuren Geneeskundig Congres 1925, Groningen.

[5]) Derselbe, Address to the members of the international conference 1923.

[6]) Doucetti, The effect on Narcissus bulb pests of immersion in hot water. Journ. Econ. Entom. **19**, 1926, 248.

[7]) Van Slogteren, Bestrijding van Aaltjesziekten in Bolgewassen etc. Weekbl. voor Bloembollencultuur, 18. 8. 1922.

[8]) Derselbe, Een en ander over het Geelziek der Hyacinthen etc. Ebenda, Sept. 1925.

[9]) Ramsbotten, Experiments on the control of eelworm disease of narcissus. Journal of the Royal Hortic. Soc. **43**, 1918/19, 65.

[10]) Griffiths, Experiments with hot-water treatment of daffodies in relation etc. U. S. St. Dept., Circ. **113**, 1930 und Chambers, Hot water treatment of narcissus bulbs in Wisconsin. Jl. Econ. Ent. **23**, 1930, 47.

[11]) Weiß, The relation of the hot-water treatment of narcissus bulbs to basal rot. Phytopathology **19**, 1929, 100. Vgl. auch Gould, N. K. im Journ. Royal Soc. **59**, 1934, 78.

Fungizid zuzusetzen. Auch van Slogteren[1]) empfiehlt zur gleichzeitigen Bekämpfung von Fusariumfäulen und Nematoden eine Beizung in Uspulun (½%) oder Germisan (½%) von 43,5° C.

Auch heiße Luft hat man zum Beizen von Hyazinthenzwiebeln angewendet und zwar zur Bekämpfung des Gelbrotzes. Man bringt die Knollen 24 Stunden in eine Temperatur von 43 bis 44° C oder 48 bis 49° C. Die kranken Zwiebeln sterben bei dieser Behandlung ab oder erkranken so stark, daß man sie leicht als krank erkennt. Außerdem gibt es Fälle, in denen die Krankheit infolge der Heißluftbehandlung zum Stillstand kommt, so daß sich die Zwiebeln im nächsten Jahre normal entwickeln. Denselben Erfolg erzielt man auch, wenn man die Zwiebeln 3—4 Wochen einer Temperatur von 38° C aussetzt.[2]) Gegen eine Sklerotienkrankheit der Tulpen *(Sclerotium perniciosum)* bewährte sich eine Tauchbeize mit Formaldehyd oder eine Behandlung mit quecksilberhaltigen Naß- oder Trockenbeizmitteln.[3]) Gasbeize mit Kalziumzyanid wendet man in den Vereinigten Staaten gegen die Narzissenfliege an.[4])

## 4. Entseuchung von Stecklingen und ganzen Pflanzen

Stecklinge und ganze Pflanzen werden besonders bei der Ausfuhr aus verseuchten Gebieten nach unverseuchten nach den verschiedensten Verfahren behandelt; die Entseuchung findet dann meist während der Winterruhe der Pflanzen statt. Aber auch junge Pflänzchen werden in einzelnen Fällen entseucht, bevor sie aus den Anzuchtbeeten ins Feld verpflanzt werden; auch andere Fälle des Entseuchens von Pflanzen, die im Saft stehen, sind bekannt.

Mit Ausnahme des Trockenbeizverfahrens mit pulverförmigen Mitteln werden sämtliche im Abschnitt Getreidebeizung (S. 211) beschriebenen Verfahren auch zum Entseuchen von Stecklingen und Pflanzen angewendet. Hier können nur wenige Beispiele angeführt werden. Das Tauchbeizverfahren wird z. B. angewendet, wenn man Setzreben oder Blindholz vor der Akarinose schützen will. Bei Wurzelreben dürfen die Wurzeln nicht längere Zeit mit der Flüssigkeit (20% Schwefelkalkbrühe) in Berührung kommen; bei Blindholz entseucht man das frisch geschnittene Holz und schneidet erst dann zurecht. Die Knospen werden durch das Eintauchen (5 Minuten) nicht geschädigt, sofern sie noch ruhen.[5]) Während bei dieser Entseuchung die Triebe behandelt werden, bekämpft man die Reblaus nach Faes durch Eintauchen der Wurzeln in 3%ige Kaliumsulfokarbonatlösung, der 1% schwarze Seife zugesetzt ist. Nach Ablauf von 12 Stunden werden die Wurzeln kurz mit Wasser abgespült. Das Verfahren

---

[1]) van Slogteren, Warm-waterbehandling van narcissen en bolrot. Inst. voor Phytopathol. Nr. 43, 1931.

[2]) van Slogteren, Een en ander over het geelziekte der hyacinthen etc. Weekbl. voor Bloembottencultuur, Sept. 1925.

[3]) van Slogteren en Thomas, Smeul, een Tulpenziekte etc. Inst. Phytopath. **38**, 1930, Sonderdruck.

[4]) Smith, L., Nursery service. Monthly Bull of Calif. **12**, 1928, 694.

[5]) Stellwaag, Rechtzeitige Bekämpfung der Milbenkräuselkrankheit des Rebstockes usw. Nachr. f. Schädlingsbekämpfung **7**, 1932, 1.

ist aber nach Thiem[1]) nicht unbedenklich, weil Schädigungen der Blindreben auftreten können; Wurzelreben überstehen die Behandlung. Eine von Schwartz[2]) empfohlene kürzere Behandlung (4 Stunden) genügt nach Thiem nicht. Erwähnt sei, daß man auch Hopfenfechser zur Bekämpfung der *Pseudoperonospora humuli* nach dem Tauchverfahren (½—2% Kupferkalkbrühe 10—15 Minuten) behandelt hat.[3]) Zuckerrohrstecklinge taucht man zur Bekämpfung einer Wurzelfäule ebenfalls in Kupferkalkbrühe oder bestreicht die Schnittflächen mit Teer (eine Art Benetzungsbeize). Ein Verfahren, das der Bekrustungsbeize ähnelt, wendet man bei Kohlsetzlingen an, um sie vor *Plasmodiophora brassicae* zu schützen; man taucht die Wurzeln in einen Lehmbrei, dem Uspulun zugefügt ist.[4]) Dasselbe Verfahren hat sich auch zum Schutz vor Kernobstschädlingen von einer Infektion durch *Bact. tumefaciens* bewährt.[5])

Eine große Bedeutung besitzt die Heißwasserbehandlung, besonders bei der Entseuchung von Blindholz oder Wurzelreben. Reben leiden durch einen 5 Minuten langen Aufenthalt in Wasser von 55° C nicht, während die Winterläuse schon binnen 2 Minuten in Wasser von 52° C getötet werden. Das von Bolle[6]) zuerst erprobte Verfahren wird nach Thiem[7]) jetzt in der Weise ausgeführt, daß man die Reben 5—7 Minuten in Wasser von 52° C bringt. In Italien[8]) taucht man die Reben 5 Minuten in Wasser von 54,5—55,5° C. Eine Heißwasserbehandlung (5 Minuten 48,5 ° C) von Buxusarten ruft zwar eine leichte Beschädigung zarter Blätter hervor, wirkt aber gut gegen *Monarthopaplus buxi*.[9]) Auch die Sereh-Krankheit des Zuckerrohrs soll durch Heißwasserbehandlung bekämpfbar sein.[10])

Endlich wird auch die Gasbehandlung bei ruhenden Pflanzen und Stecklingen angewendet. So wurden in Deutschland die Reben mit Schwefelkohlenstoff zur Bekämpfung der Reblaus behandelt. Die Durchführung dieses Verfahrens bietet nach Thiem[11]) Schwierigkeiten, weil die Reben völlig lufttrocken sein müssen und eine bestimmte Temperatur (20—25° C) eingehalten werden muß. Bei 10°C

---

[1]) Thiem, Über die Entseuchung von Böden und Reben. Der Deutsche Weinbau **6**, 1927, 403.

[2]) Vgl. Thiem, a. a. O.

[3]) Linke, Über das Beizen der Hopfenfechser. Mitt. des deutschen Hopfenbau-Vereins **5**, 1927, 23.

[4]) Kindshoven, J., Erfolgreiche Bekämpfungsversuche gegen die Kropfkrankheit oder Hernie der Kohlgewächse. Deutsche Obst- und Gemüsebauztg. **70**, 1924, 156.

[5]) Oppenheimer, Verhütung und Heilung krebsartiger Pflanzengeschwülste. Angew. Botan. **8**, 1926, 8.

[6]) Bolle, Die Desinfektion von amerikanischen Schnittreben. Mitt. des Deutschen Weinbauvereins **71**, 1912, 170. Ref.: Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, **35**, 599.

[7]) Thiem, Entseuchung von Versandreben. Weinbaulexikon, Berlin 1930, S. 193.

[8]) Norme per la disinfezione delle viti etc. Ref.: Rev. of appl. Ent., Serie A, **3**, 1915, 160.

[9]) Cory and Graham, Practiability of the hot water treatment for the boxwood leaf miner. Jl. Econ. Ent. **23**, 1930, 563.

[10]) Wilbrink, Warm water behandeling van stekken als geneesmiddel etc. Archief voor de suikerind., Niederl.-Indien **31**, 1923, 1. — Booberg, Beknopte Samenvatting van de voorloopige resultaten etc. Rev. appl. Myc. **6**, 1926, 438. — Bokma de Boer, De bibitbehandling en bibit voorziening ten behoeve etc., Arch. Suikerind. Niederl.-Indien, 2. Deel **35**, 1927, 1083 und 1113, 1. Deel **36**, 1928, 77.

[11]) Thiem, Über die Entseuchung von Böden und Reben. Der Deutsche Weinbau **6**, 1927, 403.

leben die Rebläuse selbst noch nach einer Behandlungsdauer von 40 Minuten; bei 13—16° C sterben sie zwar meist ab, doch bleiben die Eier leben. Das leistungsfähigste Verfahren zur Entseuchung der Reben ist die Gasbehandlung mit Blausäure, die meist in der Form des Zyklon B angewendet wird. Sehr wichtig ist bei diesem Verfahren, daß die Reben nicht fest gebündelt, sondern locker gepackt sind und daß die Reben sich noch im Ruhezustand befinden.[1]) Man verwendet auf 1 cbm 50 g Blausäure.[2]) Im großen Maßstabe wird die Entseuchung von Baumschulgewächsen, Edelreisern usw. mit Blausäure in den Einfuhrhäfen der Vereinigten Staaten vorgenommen.[3])

Seit dem Jahre 1913/14 wendet man dort das Vakuumbegasungsverfahren[4]) an, weil sich gezeigt hat, daß die Insekten bei stark vermindertem Luftdruck Giftgasen gegenüber empfindlicher sind als unter gewöhnlichem Luftdruck.[5]) In großen gasdichten Kammern, deren Form am zweckmäßigsten zylindrisch ist, wird mit Hilfe von Pumpen eine Druckerniedrigung um etwa 635 bis 655 mm[6]) in 5—7 Minuten erzielt.[7]) Vor dem Evakuieren werden die Pflanzen in die Begasungskammer gebracht, und zwar müssen die Pflanzen gut trocken sein, weil HCN in Wasser leicht löslich ist. Würde man z. B. Pflanzen mit feuchten Wurzelballen mit HCN begasen, so würde auch eine erhöhte Konzentration keine ausreichende Wirkung auf die Schädlinge ausüben[8]), dagegen würden Schädigungen der Pflanzen zu fürchten sein. Ist die Begasungskammer mit Pflanzen beschickt und die Luft bis zu der angegebenen Druckhöhe herausgepumpt, so wird Blausäure eingeleitet.

Die Konzentration ist von der Art der zu behandelnden Pflanzen abhängig, weil die Empfindlichkeit der verschiedenen Pflanzenarten gegenüber Blausäure ganz verschieden ist. So wurden z. B. *Chamaecyparis obtusa, Thuja occidentalis* und einige andere Koniferen etwas geschädigt, wenn etwa 5 cbm flüssige Blausäure auf 1 cbm 60 Minuten lang zur Einwirkung kamen, während *Picea pungens, Picea engelmannii* und Rhododendron durch eine höhere Konzentration (7 cbm auf 1 cbm) bei gleicher Einwirkungszeit nicht geschädigt wurden.[9]) Gewisse Anhaltspunkte für die Begasung mit Hilfe von Kalziumzyanid gaben Marchal und Vayssière[10]), die für 1 cbm die Anwendung von 10 g für unbelaubte Bäume und Sträucher empfahlen, 6 g für Pfropfreiser, 4—6 g für harte grüne Pflanzen und unter 4 g für empfindlichere Pflanzen bei einer Einwirkungszeit von 45 Minuten.

---

[1]) Thiem, a. a. O.

[2]) Thiem, Entseuchung von Versandreben. Weinbaulexikon 1930, S. 193.

[3]) Vgl. Trappmann, Schädlingsbekämpfung, S. 360.

[4]) Woglum, R. S., The history of hydrocyenic acid gas fumigation as an index to progress in economic entomology. Journ. Econ. Entom. **16**, 1923, 518.

[5]) Vayssière, P., Les stations de désinfection des végétaux sous vide partiel. Bull. Soc. Enc. Industr. 1934, 295. Rev. appl. Entom. Serie A, **23**, 1935, 194.

[6]) Steinweden, J. B., Fumigation for European Earwig *(Forficula auricularia)* in balled Nursery Stock. Journ. Econ. Entom. **27**, 1934, 919.

[7]) Vayssière, P., Quelques remarques sur les stations de désinfection aux Etats-Unis. Revue de Pathol. végétale et d'entomologie agric. **16**, 1929, 34.

[8]) Kasas, J. A., Die Begasung von Reben mit Blausäure. Ref. von Rasch im Anzeiger f. Schädlingsk. **5**, 1929, 88.

[9]) Vgl. Steinweden, Anm. 6.

[10]) Vgl. Trappmann, Schädlingsbekämpfung, 1927, S. 360.

Für Zitrusbäume aber, die vorher entlaubt werden, empfiehlt Mackie[1]) 10g NaCN auf 1 cbm 60 Minuten lang bei einem Vakuum von 685 mm anzuwenden. Jencic und Löschnig[2]) empfehlen bei der Anwendung von Kalzidtabletten, die 50% HCN enthalten, eine Tablette für 1 cbm bei 12° C anzuwenden. Die anzuwendende Blausäurekonzentration hängt nicht nur von der Empfindlichkeit der Pflanzen und der Widerstandsfähigkeit der zu bekämpfenden Schädlinge, sondern auch von der Menge und Art der Pflanzen ab, die zur Begasung kommen. Es muß nämlich berücksichtigt werden, daß ein Teil des Gases von den Pflanzen absorbiert wird, besonders wenn die Pflanzen belaubt sind. Die während der Begasung tatsächlich vorhandene Konzentration kann mit Hilfe eines Probeentnehmers[3]) festgestellt werden. Um eine befriedigende Wirkung zu erzielen, führt man die Begasung bei einer Temperatur aus, die am besten zwischen 15 und 30° liegt.[4])

Nach Ablauf der Begasungszeit, die je nach der Widerstandsfähigkeit der Schädlinge und der Wirtspflanzen gewählt werden muß, wird das Gas durch Pumpen wieder bis zu einem Unterdruck von 635 mm entfernt und dann Luft zugelassen. Es wird empfohlen, die Pflanzen dann abzuspritzen, um Blausäurereste zu entfernen, und sie dann zunächst nicht gleich der Besonnung auszusetzen.

Außer Blausäure verwendet man im Vakuumverfahren auch Schwefelkohlenstoff, dem meist Kohlensäure zugesetzt wird, um die Explosionsgefahr zu vermeiden.[5]) Nach Trappmann[6]) wurden im Jahre 1924 in Kalifornien mehr als 122000 Ziersträucher auf diese Weise begast. Man zieht den Schwefelkohlenstoff in vielen Fällen wegen seiner größeren Tiefenwirkung der Blausäure vor.[7]) Auch ohne besondere Vakuumapparate wird $CS_2$ zur Desinfektion von Pflanzen verwendet. Larven von *Popillia japonica*, die in Wurzelballen sitzen, werden in der Weise bekämpft, daß man die oberirdischen Teile der Pflanzen zum Schutz vor der Einwirkung des Schwefelkohlenstoffs in Wasser taucht und nun 0,1 ccm flüssigen Schwefelkohlenstoff auf 1 l Luft 18 Stunden lang einwirken läßt. Da $CS_2$ von Wasser absorbiert wird und infolgedessen Schädigungen der in das Wasser getauchten Pflanzenteile eintreten würden, muß dafür gesorgt werden, daß von unten beständig Wasser zuströmt und daß die oberen Wasserschichten über einen Überlauf abfließen.[8])

Im Vakuumverfahren wird endlich auch Äthylenoxyd in Mischung mit Kohlensäure angewendet und zwar besonders in Frankreich und Nordafrika. Durch den Kohlensäurezusatz soll die Schädigung der Pflanzen vermieden werden.[9])

---

[1]) Mackie, D. B., Vacuum Fumigation of Citrus Nursery Stock in Ventura County. Monthly. Bull. Cal. Dpt. Agric. **11**, 1922, 726. Rev. Appl. Entom. A, **11**, 1924, 51.

[2]) Jencic und Löschnig, Die Blausäure im Kampf gegen die San José-Schildlaus und andere tierische Schädlinge. Die Landwirtschaft, 1933, Nr. 4.

[3]) Herce, P., La concentration de ácido cianhidrico en los recintos fumigados. Bol. Pat. veg. Ent. agric. **7**, 1934, 155. Rev. Appl. Entom. **22**, 1935, 609.

[4]) Mackie, D. B., Observations on vacuum fumigation. Month. Bull. Dept. Agric. California **20**, 1931, 299.

[5]) Frickkinger, Gase in der Schädlingsbekämpfung. Flugschr. d. D. Ges. f. angew. Entomol. Nr. 13, 1933.

[6]) Trappmann, Schädlingsbekämpfung 1927, S. 342.

[7]) Mackie, Vacuum Fumigation. Monthly Bull. Calif. Dep. of Agric. 4. Rep. **12**, 1923, 354.

[8]) Leach, B. R. and Fleming, W. E., The fumigation of „balled" nursery stock. Journ. Econ. Entom. **18**, 1925, 362.

[9]) Nach brieflicher Mitteilung von Herrn Dr. Peters, Degesch, Frankfurt a. Main.

## C. Absperrmaßnahmen (Quarantäne)

Von Reg.-Rat Prof. Dr. H. Braun, Berlin-Dahlem

a) Umfang und wirtschaftliche Bedeutung der Verschleppung von Pflanzenschädlingen. b) Begriffsbegrenzung. c) Grundlagen der Pflanzenquarantäne. 1. Wirtschaftliche Gesichtspunkte. 2. Biologische Gesichtspunkte. d) Durchführung der Pflanzenquarantäne. 1. Grenzschutz. α) Bedingungslose Einfuhrverbote. β) Bedingte Einfuhr. γ) Durchfuhr. 2. Sperrung der Seuchengebiete.

Der Begriff der Quarantäne im Sinne der Humanmedizin ist zu Beginn des 15. Jahrhunderts geprägt worden. Damals führte man die Quarantäne in Venedig und Genua ein, um die Einschleppung der Pest zu verhüten. Man verstand darunter einen Zeitraum von 40 Tagen, „binnen welchem jemand, der aus einer wegen der ansteckenden Seuche verdächtigen Gegend kommt, in einem dazu bestimmten Lazarett von allen Menschen gesondert, damit man sieht, ob sich eine Krankheit an ihm äußere oder nicht, bleiben muß, bis er an den verlangten Ort eingelassen werden kann".[1]) Späterhin ging man von dem starren Zeitbegriff ab, wie der Hinweis aus dem Jahre 1741 zeigt[1]), „bisweilen wird die Quarantäne auch auf wenige Tage gesetzt, behält aber doch den Namen Quarantäne, sollten es nur gleich 10 Tage sein". Die Fortschritte der Forschung führten zu der Erkenntnis, daß die Quarantäne in ihrer alten Form wirkungslos ist, weil nicht nur Kranke und Waren, sondern auch Gesunde die Krankheitserreger beherbergen und verschleppen können. Deshalb wurden Anwendung und Dauer immer mehr eingeschränkt, zumal die Quarantäne im alten Sinne ohnehin eine starke Störung des Reise- und Handelsverkehrs bedeutete, und dafür eine gesundheitliche Kontrolle aller ankommenden Schiffe, Viehtransporte usw. eingeführt. Man faßt deshalb den Begriff Quarantäne heute wesentlich weiter und versteht darunter alle Maßnahmen, die im See- und Landverkehr zur Abwendung von Menschen- und Tierseuchen auf Grund gesetzlicher Bestimmungen getroffen werden.[2]) Für den internationalen Verkehr sind diese im wesentlichen durch das Internationale Sanitätsabkommen vom 21. 6. 1926 festgelegt, dem Deutschland am 18. 9. 1930 beigetreten ist.[3]) Für den inneren Verkehr im eigenen Lande hat jeder Staat eine Reihe weiterer Gesetze erlassen, um entstehende Seuchen im Keim zu ersticken oder wenigstens ihre weitere Ausbreitung zu verhüten.[4])

Es ist nun auffallend, daß die Umschreibung des Begriffs Quarantäne an keiner Stelle neben Mensch und Tier auch die Pflanze als schutzbedürftig gegen Gefahren, die ihr aus Verschleppung von Seuchen drohen, einbezieht. Selbst die in New York erscheinende „New International Encyclopaedia" erwähnt die Pflanzenquarantäne noch nicht. Das ist um so überraschender, als gerade in den amerikanischen Fachschriften die Erörterung des Problems der Pflanzenquarantäne seit langem einen breiten Raum einnimmt und die Vereinigten Staaten bereits im Jahre 1912 ein als „Plant Quarantine Act" bezeichnetes Gesetz erlassen haben.

### a) Umfang und wirtschaftliche Bedeutung der Verschleppung von Pflanzenschädlingen

Das völlige Außerachtlassen der Pflanzen bei Besprechung der Quarantäne in allen großen Nachschlagewerken dürfte dadurch seine Erklärung finden, daß man sich in breiten Kreisen über die Wichtigkeit der Pflanzenquarantäne als Maßnahme der Pflanzenhygiene bislang nicht klar ist, weil man, von den Fach-

[1]) Universal-Lexikon, verlegt von Johann Heinrich Dedler, Bd. 30. Leipzig 1741, S. 75.

[2]) Brockhaus' Konversations-Lexikon. 15. Aufl. Band 15. Leipzig 1933, S. 270.

[3]) Reichs-Gesetzblatt II, 1930, 589.

[4]) Z. B. für Deutschland: Schmedding, A., und Engels, E., Die Gesetze betreffend Bekämpfung übertragbarer Krankheiten. 2. Aufl. Münster 1929.

leuten abgesehen, keine Vorstellung von den verhängnisvollen Folgen der Verschleppung von Pflanzenschädlingen hat. Es scheint deshalb geboten, zunächst an Hand einiger besonders eindrucksvoller Beispiele diese Folgen kurz zu beleuchten.

Die ersten Hinweise über die Einschleppung von Schädlingen aus fremden Ländern finden sich anscheinend in Baeckners[1]) 1752 erschienenem Werk „Noxa insectorum". Späterhin ist verschiedentlich versucht worden, zusammenfassend die Verschleppung von Pflanzenschädlingen zu beleuchten, so von Butler[2]) und von Reh[3]). Daneben haben sich einzelne Länder um die listenmäßige Zusammenstellung derjenigen Schädlinge bemüht, die bei ihnen ursprünglich nicht einheimisch gewesen, sondern vom Ausland eingeschleppt worden sind. Für die Vereinigten Staaten von Nordamerika z. B. liegen zwei derartige Arbeiten vor. Pierce[4]) hat ein umfangreiches Verzeichnis zusammengestellt, das sowohl Insekten enthält, die dorthin bereits eingeschleppt sind, als auch solche, die in den verschiedensten Teilen der Welt vorkommen und mit deren Einschleppung gerechnet werden muß. Bei den schon eingeschleppten wird unterschieden zwischen solchen, die noch nicht allgemein in den Vereinigten Staaten verbreitet sind, deren weitere Einschleppung und Ausbreitung man deshalb nach Möglichkeit verhindern muß, und solchen, für welche dies zutrifft und die als wichtigste Schädlinge zur Zeit anzusehen sind. Von den letzteren werden mehr als 100 Arten aufgeführt. Späterhin hat Stevenson[5]) ein Handbuch derjenigen Pflanzenkrankheiten herausgegeben, die für die Vereinigten Staaten neu oder in ihnen noch nicht weit verbreitet sind. Einleitend bemerkt er ausdrücklich, daß er sich dieser Arbeit unterzogen habe, um durch die Aufführung der großen Zahl von Krankheiten, die in fremden Ländern, aber noch nicht in den Vereinigten Staaten vorkommen, auf die Wichtigkeit der Pflanzenquarantäne aufmerksam zu machen.

Derartige Zusammenstellungen sind geeignet, eine Vorstellung von dem Umfang der Verschleppung von Pflanzenschädlingen zu geben; sie besagen jedoch noch nichts über die verderblichen Folgen der Verschleppung. Diese lassen sich am eindringlichsten durch zahlenmäßige Unterlagen über Ertrags- und Wertverluste beweisen, wie sie für verschiedene der wichtigsten Schädlinge nach ihrer Einschleppung in ein neues Gebiet, namentlich in einen neuen Kontinent, erarbeitet worden sind. Auf die Schwierigkeiten, die derartigen Bemühungen entgegenstehen und allen statistischen Erhebungen gegenüber eine gewisse Zurückhaltung angezeigt sein lassen, ist an anderer Stelle dieses Handbuchs ausführlich eingegangen worden.[6])

Betrachtet man zunächst die Folgen der Verschleppung von Schädlingen nach Europa, so hat bekanntlich vor allem der Weinbau unter diesen auf das schwerste zu leiden. Nicht weniger als drei Großschädlinge verdankt der europäische Weinbau der Einschleppung aus Nordamerika: die Reblaus, den echten und den falschen Mehltau. Die Einschleppung aller drei Parasiten steht in einem gewissen inneren Zusammenhang. Gegen das erstmalig 1845 in England beobachtete *Oidium Tuckeri* suchte man sich in Frankreich durch Einführung widerstandsfähiger amerikanischer Reben zu schützen und schleppte dadurch um 1860 die Reblaus ein. Die danach einsetzende Einfuhr reblauswiderstandsfähiger amerikanischer Sorten zog 1878 die Einschleppung der *Plasmopara viticola* nach sich. Der Schaden, den *Oidium Tuckeri* verursacht, kommt am besten in den Ertragszahlen des französischen Weinbaus um die Mitte des 19. Jahrhunderts zum Ausdruck. Während 1850 der durchschnittliche Ertrag je ha noch 20,7 hl betrug, sank er 1851 auf 18,1 hl, 1852 auf 13,2 hl,

---

[1]) Dieses Handbuch Band 1, 1. Teil. 6. Aufl. Berlin 1933, S. 51.

[2]) Butler, E. J., The dissemination of parasitic fungi and international legislation. Mem. Dept. Agric. India Bot. Ser. 9, 1917, 1—73.

[3]) Reh, L., Über Einfuhrbeschränkungen als Schutz gegen die Einschleppung pflanzenschädlicher Insekten. Ztschr. f. angew. Entomologie 4, 1918, 189—237.

[4]) Pierce, W. D., A manual of dangerous insects likely to be introduced in the United States through importations. U. S. Dept. Agric., Office Secretary, Washington 1917.

[5]) Stevenson, J. A., Foreign plant diseases. U. S. Dept. Agric. Office Secretary. Washington 1926.

[6]) Siehe diesen Band S. 9.

1853 auf 10,4 hl und 1854 auf 4,9 hl. Müller[1]) bemerkt dazu, daß der ganze französische Weinbau damals zugrunde gegangen wäre, wenn man nicht im gepulverten Schwefel ein wirksames Mittel gefunden hätte, von dem Frankreich heute alljährlich etwa 1 Million dz, Deutschland etwa 90 000 dz aufwenden muß. Von weit größerer Tragweite noch sind die Folgen der Reblauseinschleppung gewesen. Von den etwa 30 000 ha Reben des französischen Departements Vaucluse waren 10 Jahre nach dem Auftreten der Reblaus 25 000 ha vernichtet. 1884 waren in den gesamten Weinbaugebieten Frankreichs etwa 1 Million ha zerstört.[2]) Die Folgen für Deutschland lassen sich an den Kosten ermessen, welche die Länderregierungen in den Jahren 1874—1928 (ausschließlich der Inflationsjahre 1918—1923) für die direkte und die indirekte Bekämpfung haben auswerfen müssen. Sie betragen für erstere $28\frac{1}{2}$ Millionen *RM* und werden für letztere auf 9 Millionen *RM* geschätzt[3]), Beträge freilich, die noch weit übertroffen werden von den Kosten, die Frankreich durch die Bekämpfung der Reblaus erwachsen sind und die bis 1914 schätzungsweise 12 Milliarden Franken betragen haben sollen.[4]) Von der *Plasmopara viticola* sagt Müller[2]), keine Krankheit füge dem Weinbau so außerordentlich schwere Schädigungen zu wie diese. Der durch diesen Pilz verursachte Ertragsausfall wird mit durchschnittlich 20—50% angegeben, kann aber auch bei starkem Befall wesentlich höher sein.[4]) In Italien wurde er für das Jahr 1895 auf 12 Millionen hl, in Ungarn für die Jahre 1891 und 1892 auf 2—3 Millionen hl veranschlagt. Dem westschweizerischen Weinbau sind in den Jahren 1905—1914 auf einer Fläche von etwa 2800 ha Verluste in einer Gesamthöhe von 26 Millionen Franken entstanden.[2]) Für den badischen Weinbau errechnen Müller und Sleumer[5]) für die beiden *Peronospora*-Jahre 1912 und 1913 einen Verlust von insgesamt rund 34,5 Millionen *RM*, für den französischen für die Jahre 1930 und 1932 je 280 bzw. 200 Millionen *RM*.

Unter den Schädlingseinschleppungen nach Europa, deren Folgen sich zahlenmäßig noch nicht im großen abschätzen lassen, weil sie erst vor verhältnismäßig kurzer Zeit erfolgt sind, spielt die wichtigste Rolle der Koloradokäfer, der seit 1917 an der Westküste Frankreichs festen Fuß gefaßt hat und seitdem in unaufhaltsamem Vordringen nach Osten begriffen ist. Die Schäden, mit denen zu rechnen ist, lassen sich aber an der Höhe der durch diesen Parasiten in den Vereinigten Staaten verursachten Schäden bzw. der dort für seine Bekämpfung aufzuwendenden Kosten ermessen. Ohne zweckentsprechende Bekämpfungsmaßnahmen ist der Kartoffelbau in den verseuchten Gebieten bekanntlich überhaupt nicht möglich. Selbst bei gewissenhafter Durchführung dieser ist aber nach den Schätzungen von Hyslop[6]) mit einem durchschnittlichen jährlichen Ernteverlust von 8% zu rechnen, was für die Vereinigten Staaten einen Minderertrag von etwa 10,6 Millionen hl Kartoffeln im Werte von etwa 29 Millionen Dollar entspricht. Der Aufwand für die Arsenbespritzung wird mit $3\frac{3}{4}$ Dollar je ha angegeben, was einer Gesamtsumme von etwa 450 000 Dollar entspricht, wenn man annimmt, daß nur $\frac{1}{10}$ der gesamten Kartoffelanbaufläche gegen den Käfer gespritzt wird. Die deutsche Kartoffelernte hat im Durchschnitt der Jahre 1925—1934 38,2 Millionen t betragen. Würde man die amerikanische Verlustziffer hierauf in Anrechnung bringen, so würde mit einem Ertragsausfall von 3 Millionen t im Werte von 90 Millionen *RM* zu rechnen sein, zu denen noch die Kosten für die Bekämpfung hinzuzurechnen sein würden. Bemerkenswert ist die Höhe der Kosten, die bei dem Auftreten des Käfers 1934 in Stade für seine Vernichtung aufgewandt wurden. Sie betrugen 108 678,64 *RM*.[7]) Für den europäischen

[1]) Müller, K., Weinbau-Lexikon. Berlin 1930, S. 559.

[2]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. 2. Aufl. Karlsruhe 1922, S. 137, 142, 12.

[3]) 38. Denkschrift über die Bekämpfung der Reblaus 1924—1929. Bearbeitet von der Biolog. Reichsanst. Berlin 1931.

[4]) Dieses Handbuch Bd. 2. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 430.

[5]) Müller, K., und Sleumer, H., Biologische Untersuchungen über die *Peronospora*-Krankheit des Weinstocks. Landw. Jahrb. **79**, 1934, 567.

[6]) Nach Schwartz, Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **13**, 1933, 19.

[7]) Schwartz, M., Kartoffelkäferbekämpfung in Zahlen. Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 62.

Hopfenbau ist die Einschleppung von *Pseudoperonospora humuli* zu einer ernsten Bedrohung geworden. Sie ist aus Japan oder den Vereinigten Staaten nach England eingeschleppt worden, wo sie erstmalig 1920 gefunden wurde und seitdem Ertragsverluste von 5—25% hervorruft.[1]) 1923 trat sie in Deutschland auf und hatte 1926 allein im bayrischen Hopfenbau Verluste von über 30 Millionen *RM* zur Folge.[2]) Für den Waldbau sei schließlich noch auf die Einschleppung von *Rhabdocline pseudotsugae*[3]) hingewiesen, die in Amerika im ganzen Verbreitungsgebiet der Douglasfichte vorkommt. Sie wurde 1926 erstmalig in Schottland, 1930 gleichzeitig in Dänemark, Deutschland und Holland beobachtet. Zahlenmäßige Unterlagen über die schädliche Wirkung des Parasiten liegen noch nicht vor.

Schwerer noch als Europa hat Amerika unter den Folgen der Einschleppung von Pflanzenschädlingen zu leiden. Mindestens die Hälfte der in den Vereinigten Staaten schädlichen Insekten sind fremden Ursprungs.[4]) Von den „Vier apokalyptischen Reitern" (four horsemen)[5]) der amerikanischen Insektenseuchen sind nicht weniger als drei eingeschleppt worden: *Anthonomus grandis*, *Blissus leucopterus* und *Mayetiola destructor*. Als der schädlichste von allen gilt der aus Mexiko stammende und etwa 1890 in die Vereinigten Staaten eingedrungene Baumwollkapselkäfer. Die durch ihn verursachten Ertragsausfälle schätzt Hinds[6]) auf 20—40% einer Normalernte, was einer Menge von 2—5 Millionen Ballen Baumwolle entspricht. Hinds berechnet weiter, daß der Baumwollverbraucher in U. S. A. infolge der gestiegenen Preise eine „boll weevil tax" von nicht weniger als 10 Dollar je Kopf bezahlt, was bei einer Bevölkerung von über 100 Millionen Köpfen einen Betrag von über 1 Milliarde Dollar ergibt als Tribut an diesen „Mexican bandit". Die Weizenwanze ist ursprünglich in Südamerika heimisch gewesen und von dort vor Mitte des 19. Jahrhunderts über Mittelamerika nach den Vereinigten Staaten und Kanada vorgedrungen. Der Gesamtverlust in U. S. A. wird für die Zeit von 1850—1909 auf 350 Millionen Dollar angegeben[7]), während die Schätzungen der durchschnittlichen Jahresverluste sich zwischen 7 und 100 Millionen Dollar bewegen. Die Hessenfliege, vermutlich schon 1779 nach Nordamerika eingeschleppt, hat im Herbst 1899 und Frühjahr 1900 allein im Staate Ohio Ertragsausfälle im Werte von 17 Millionen Dollar verursacht.[7]) Von den neuerdings nach Nordamerika eingeschleppten Schädlingen verdient besonders der Maiszünsler hervorgehoben zu werden, der 1907 erstmalig in Boston festgestellt wurde, wohin er wahrscheinlich sieben Jahre vorher mit Hirseladungen aus Ungarn und Italien gebracht worden war. Seitdem hat er sich in Nordamerika zu einem Großschädling ersten Ranges entwickelt, von dem bereits im Jahre 1924 in den Vereinigten Staaten 65 000 qkm befallen waren. Der Kornausfall im Jahre 1920 ist auf 90 Millionen t im Werte von 119 Millionen Dollar berechnet worden.[8]) Dem amerikanischen Luzernebau ist ein gefährlicher Feind in dem Blattnager (*Phytonomus variabilis*) erwachsen, der erstmalig 1904 in Utah beobachtet wurde und sich von hier aus bis zum Jahre 1926 auf weitere sechs angrenzende Staaten ausgebreitet hat.[9]) Die Zahl der Beispiele für die verheerenden Folgen der Schädlingseinschleppung in den Vereinigten Staaten ließe sich leicht vermehren. Weber[4]) gibt an, daß die Verluste an Ernteprodukten, die allein durch die vor 1912 eingeschleppten Schädlinge heute alljährlich verursacht werden, auf nicht

---

[1]) Dieses Handbuch Bd. 2. 5. Aufl. Berlin 1928, S. 441.

[2]) Zattler, F., Die Bekämpfung der *Peronospora*-Krankheit des Hopfens und die erzielten Erfolge in Bayern im Jahre 1917. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzensch. **5**, 1928, 254.

[3]) van Vloten, H., *Rhabdocline pseudotsugae* Sydow, oorzaak eener ziekte van Douglasspar. Santpoort 1932.

[4]) Weber, G. A., The plant quarantine and control administration. Washington 1930, S. 2.

[5]) Speers, L. C., Insects'toll on agriculture forces new control methods. New York Times vom 31. 8. 1930.

[6]) Hinds, W. E., Progress in cotton boll weevil control. Journ. econ. Entomol. **19**, 1926, 113.

[7]) Dieses Handbuch Bd. 5. 4. Aufl. Berlin 1932, S. 432.

[8]) Wilke, S., Der Maiszünsler (*Pyrausta nubilalis Hb.*), eine neue Gefahr für den Körnermaisbau. Deutsche Landw. Presse **53**, 1926, 248.

[9]) Reeves, G. I., Alfalfa weevil control methods. Yearbook of Agriculture 1926. U. S. Dept. Agric. Wash. 1927, 121—122.

weniger als etwa 1 Milliarde geschätzt werden. Wenn auch die Vereinigten Staaten vielleicht besonders schwer betroffen sind, so liegen die Verhältnisse für die Mehrzahl der andern Länder grundsätzlich vollkommen gleichartig.

Vereinzelt wird darauf hingewiesen, daß die Einschleppung von Schädlingen auch nützliche Folgen gehabt habe, indem die gesamte Landeskultur oder die Kultur der von der Einschleppung betroffenen Pflanzenarten durch die in der Folge notwendig gewordenen Maßnahmen gehoben worden sei. So erwähnt Morstatt[1]), daß die Baumwollpflanzer von Alabama dem Baumwollkapselkäfer ein Denkmal gesetzt hätten, weil durch seine Einschleppung das ganze Wirtschaftsleben der Baumwollzone entscheidend umgestaltet worden und er damit „ein Führer zum Wohlstand" geworden sei. Thiem[2]) bespricht die mit der Überwindung der Reblauskrise verbundenen Vorteile, die weinbaulicher, wirtschaftlicher und kultureller Art sind, und macht sich die von anderer Seite aufgestellte Behauptung zu eigen, daß die Reblaus eine Bahnbrecherin des Fortschritts sei.

Diese Auffassung dürfte der Bedeutung der Frage kaum ganz gerecht werden. Man müßte sonst folgerichtig den Standpunkt vertreten, daß die von Frankreich zu erwartende Einschleppung des Koloradokäfers für die deutsche Landwirtschaft als ein Glück anzusehen ist! Es ist selbstverständlich, daß man, wenn die Kultur einer Pflanzenart durch Einschleppung eines Schädlings in ihrem Bestehen bedroht ist, sein ganzes Denken und Trachten darauf richtet, dieser Gefahr Herr zu werden. Daß man in diesem Bestreben zu Maßnahmen gelangt, die gegenüber den bisher gebräuchlichen Verfahren eine mehr oder minder große Verbesserung bedeuten, liegt natürlich im Bereich der Möglichkeit. Deshalb kann unter Umständen, wie Thiem[2]) von der Reblauskrise meint, das Unglück sich für viele in ein Glück verwandeln. Wer aber will die Gewähr übernehmen, daß diese ideale Lösung gefunden wird? In der Mehrzahl der Fälle wird man zufrieden sein müssen, wenn man zu einem modus vivendi gelangt, der trotz der durch die Aufwendungen für die Bekämpfungsmaßnahmen gesteigerten Produktionskosten und der durch die Schädigungen verminderten Erträge die Aufrechterhaltung der gefährdeten Kultur ermöglicht. Dieser Ausgleich, der stets erst nach einer mehr oder weniger langen Reihe von besonders verlustreichen Jahren zu erreichen und dadurch von vornherein belastet sein wird, bedeutet immer noch eine gegenüber der Lage vor der Einschleppung erhöhte Belastung der Wirtschaft des einzelnen wie des Volkes. Wäre das nicht der Fall, so wären die modernen Bestrebungen der Immunitätszüchtung überhaupt nicht zu verstehen.

Die Betrachtungen über Schaden und Nutzen der Einschleppung von Pflanzenschädlingen müssen deshalb notgedrungen zu dem Schluß führen, daß auf jeden Fall ihre Verhinderung den Vorzug gegenüber ihrer Zulassung verdient. Die Frage ist nur, welche Maßnahmen uns zur Verfügung stehen, um dieses Ziel zu erreichen. Wie schwierig sie zu beantworten ist, zeigt die Einstellung von Stakman[3]) sehr deutlich; er meint, es sei viel leichter zu beweisen, daß Pflanzenschutzgesetze wünschenswert seien, als Gesetzesmaßnahmen und Durchführungsvorschriften vorzuschlagen, die einen richtigen Schutz der Interessen des Pflanzenbaues ohne besondere Härten gewährleisteten, Härten, die zur Unzufriedenheit führten und eine billige Durchführung erschwerten.

### b) Begriffsbegrenzung

Alle Maßnahmen, welche der Verhinderung der Einschleppung oder Verschleppung von Pflanzenkrankheiten dienen, faßt man heute gemeinhin als Pflanzenquarantäne zusammen. Am treffendsten dürfte dieser Begriff durch die Definition des National Plant Board umrissen sein.

---

[1]) Dieser Band S. 19.

[2]) Thiem, H. in Seeliger, R., Der neue Weinbau. Berlin 1933, S. 20—22.

[3]) Stakman, E. C., Die Bedeutung eines Pflanzenschutzgesetzes für die europäischen Länder. Mitt. Deutsche Landw. Ges. 46, 1931, 515.

Das National Plant Board ist eine im Jahre 1926 durch die Initiative der American Association of Economic Entomologists ins Leben gerufene, nicht-amtliche Dachorganisation für die damals bereits bestehenden vier Vereinigungen, welche die verantwortlichen Quarantänebeamten der westlichen, der zentralen, der mittelatlantischen und nordöstlichen und der südlichen Staaten zusammenfassen.

Das National Plant Board hat 1931 Grundsätze der Pflanzenquarantäne (Principles of plant quarantine) aufgestellt, in denen unter Punkt 1 folgende Definition der Pflanzenquarantäne gegeben ist[1]: „A quarantine is a restriction, imposed by duly constituted authorities, whereby the production, movement or existence of plants, plant products, animals, animal products, or any other article or material, or the normal activity of persons, is brought under regulation, in order that the introduction or spread of a pest may be prevented or limited, or in order that a pest already introduced may be controlled or eradicated, thereby reducing or avoiding losses that would otherwise occur through damage done by the pest or through a continuing cost of control measures."

Ganz abgesehen davon, daß meines Wissens weder die deutsche Literatur noch die anderer Länder eine Begriffsbestimmung für Pflanzenquarantäne bringt, erscheint es auch deswegen naheliegend, diejenige des National Plant Board zum Ausgangspunkt der Betrachtungen über Absperrmaßnahmen zu machen, weil die Vereinigten Staaten, insbesondere aber der Staat Kalifornien durch seine eigentümliche geographische Lage, in der Ausgestaltung der Pflanzenquarantäne seit langem eine führende Stellung einnehmen und sich mit den einschlägigen Fragen auf das eingehendste befaßt haben.

Aus der Definition geht hervor, daß es sich bei der Pflanzenquarantäne genau wie bei der Quarantäne zur Abwendung von Menschen- und Tierseuchen um Maßnahmen handelt, die von der Staatsgewalt verordnet werden. Das kommt in den Worten „duly constituted authorities" eindeutig zum Ausdruck. Aber auch ohne diesen ausdrücklichen Hinweis ist bei dem Wesen der Quarantäne eine Lösung der Aufgaben der Pflanzenquarantäne auf einem anderen Wege als dem der obrigkeitlichen Verordnungen nicht denkbar. Ein wirksamer Schutz eines Staatsgebietes gegen die Einschleppung und Verschleppung von Pflanzenschädlingen würde niemals zu erreichen sein, wenn es der Einsicht und dem guten Willen des einzelnen überlassen bleiben würde, ob und wieweit er sich an diesen Schutzmaßnahmen beteiligen will, die ihn unter Umständen in seiner wirtschaftlichen Freiheit mehr oder minder schwer beeinträchtigen und wirtschaftliche Verluste zur Folge haben. In den meisten Staaten der Welt ist deshalb, nachdem man sich über die Wichtigkeit eines solchen Schutzes klar geworden ist, eine Pflanzenquarantäne durch Gesetze und Verordnungen eingeführt worden, deren Ausgestaltung im einzelnen entsprechend den ganz verschieden gelagerten Belangen und Möglichkeiten weitgehende Unterschiede aufweist. Seit langem macht sich das Bestreben geltend, bei aller Würdigung der besonderen Erfordernisse des Einzelstaates die Pflanzenquarantäne der ganzen Welt unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen, um auf diese Weise eine engere Zusammenarbeit aller Staaten und damit eine Steigerung der Wirksamkeit der

[1] Leiby, R. W., Report of secretary of National Plant Board. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 486—487.

Pflanzenquarantäne zu erreichen. Diese Bestrebungen fanden ihren ersten sichtbaren Ausdruck in dem Entwurf zu einer Internationalen Phytopathologischen Konvention, dessen Wortlaut 1914 auf der Internationalen Phytopathologischen Konferenz in Rom festgesetzt wurde. Zu der angestrebten Ratifikation dieser Konvention durch die Regierungen der beteiligten Staaten ist es durch den Ausbruch des Weltkrieges nie gekommen. Die Bestrebungen um Vereinheitlichung der Grundlagen der Pflanzenquarantäne aller Staaten sind jedoch nach Beendigung des Krieges erneut aufgenommen worden. Am 16. 4. 1929 wurde in Rom zwischen den Vertretern von 46 Ländern ein neues internationales Pflanzenschutzabkommen vereinbart, das sich in seinem Wortlaut eng an den Entwurf von 1914 anlehnt.[1])

Nach Artikel 23 soll dieses Abkommen in Kraft treten: für die ersten drei souveränen Länder, welche es ratifiziert haben, sechs Monate nach dem Tage der dritten Ratifikation, für die übrigen Länder jeweils sechs Monate nach der Hinterlegung der Ratifikations- oder Beitrittsurkunde. Als erste haben Ägypten, Italien und Finnland ihre Ratifikationsurkunden am 30. 6. 1930 bzw. 27. 10. 1930 bzw. 15. 7. 1931 hinterlegt. Demnach ist für diese Staaten das Abkommen am 15. 1. 1932 in Kraft getreten. Seitdem haben weitere Staaten das Abkommen ratifiziert.

Daß aber auch mit diesem Abkommen das Ziel noch keineswegs erreicht ist, beweist eindeutig die folgende 1935 von Güssow in der phytopathologischen Sektion eingebrachte und vom 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam angenommene Entschließung:[2])

Der Sechste Internationale Botaniker-Kongreß drückt die Überzeugung aus, daß ein durchgreifender und dauernder Kampf gegen Pflanzenkrankheiten und Insektenschäden nur wirkungsvoll sein kann, wenn er auf internationaler Grundlage und in enger Zusammenarbeit geführt wird; daß international eine möglichst rege und häufige Aussprache über die Fragen der Kontrolle der Pflanzenkrankheiten stattfinden muß, um den wünschenswerten Gesundheitszustand von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen für den Export zu gewährleisten; er ist einmütig der Ansicht, daß dies den internationalen Handel auf den entsprechenden Gebieten sehr erleichtern wird. Er schlägt vor, diesen Beschluß dem Völkerbund zu unterbreiten, um ihn wissen zu lassen, daß der Kongreß die Absicht des Völkerbundes, sich mit phytopathologischen Fragen eingehend zu beschäftigen, auf das wärmste unterstützt; der Kongreß bittet den Völkerbund, diesen Problemen besondere Beachtung zu widmen.

Auf die Pflanzenquarantäne als Gegenstand der Pflanzenschutzgesetzgebung wird an anderer Stelle dieses Handbuchs ausführlich eingegangen. Im Rahmen der Pflanzenhygiene hat die Besprechung der Pflanzenquarantäne zunächst die grundlegenden Gesichtspunkte darzulegen, unter welche sie gestellt werden muß, wenn sie ihrer eigentlichen Aufgabe gerecht werden soll. Anschließend ist ein Überblick über die Maßnahmen der Pflanzenquarantäne zu geben. Dabei muß, schon aus Gründen der Raumbeschränkung, von einer restlosen Anführung der zahlreichen in den einzelnen Ländern geltenden Bestimmungen abgesehen werden; auf eine solche kann auch um so eher verzichtet werden, als diese Bestimmungen häufig einem schnellen Wechsel unterliegen. Es kann sich deshalb hier nur darum handeln, die Durchführung der Quarantäne in ihren Grundzügen an Hand möglichst treffender Beispiele darzustellen.

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1929, 169—174.

[2]) Proceed. 6. Internationaler Bot. Congr. Amsterdam 1935 **1**, 1936, 405.

### c) Grundlagen der Pflanzenquarantäne

Vorbedingung für eine zweckentsprechende Gestaltung der Pflanzenquarantäne ist zunächst eine klare Zielsetzung. Nach der Definition des National Plant Board ist der Zweck der Pflanzenquarantäne ein doppelter. Einmal kann es sich darum handeln, die Einschleppung oder Ausbreitung einer „Seuche" zu verhindern oder einzuschränken, zum andern darum, eine bereits eingeschleppte „Seuche" zu bekämpfen oder auszurotten. Daß damit kein Selbstzweck verfolgt wird, bedarf eigentlich kaum der Erwähnung. Trotzdem wird es in der Definition noch klar ausgesprochen: Es sollen auf diese Weise Verluste vermindert oder vermieden werden, die sonst durch die im Gefolge der „Seuche" auftretenden Schäden oder durch die fortlaufenden Kosten für die Bekämpfung entstehen würden. In Wahrheit ist dieser Hinweis freilich doch nicht so überflüssig, wie es zunächst scheinen mag. Er deutet nämlich einen der wichtigsten Gesichtspunkte an, die vor Einführung einer Quarantänemaßnahme zu beachten sind.

#### 1. Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Smith und seine Mitarbeiter[1]) haben in einer umfangreichen und sehr gründlichen Arbeit über die Pflanzenquarantäne in Kalifornien betont, daß die Bewertung der Pflanzenquarantäne nicht nur ein biologisches Problem ist, sondern auch nach wirtschaftlichen Maßstäben zu messen ist. Sie haben das Grundsätzliche gerade dieser Seite des Gesamtfragenkomplexes, die in den meisten sich mit der Pflanzenquarantäne befassenden Veröffentlichungen nur eine untergeordnete Rolle spielt und völlig zurücktritt hinter der Erörterung der biologischen Fragen, eingehend beleuchtet. Wollte man es in einer Formel zusammenfassen, so entspräche es etwa dem, zunächst vielleicht als überflüssig erscheinenden Schlußteil der Definition des National Plant Board. Dieser besagt letzten Endes nichts weiter, als daß vor Einführung einer Pflanzenquarantänemaßnahme auf das gewissenhafteste die Frage zu prüfen ist: in welchem Verhältnis stehen die mit dieser Einführung notgedrungen verbundenen Kosten sowie vor allem die sich aus ihr ableitenden mannigfachen Weiterungen für die Wirtschaft der Gesamtheit und des einzelnen zu denjenigen Verlusten und Kosten, mit denen nach einer infolge des Fehlens jeglicher Überwachung erfolgenden Einbürgerung des Schädlings, gegen den sich die Maßnahme richtet, zu rechnen ist. Dabei mag zunächst unterstellt werden, daß durch die Quarantäne ein vollkommener Ausschluß des Schädlings erreicht wird, eine Voraussetzung, deren Berechtigung später noch zu erörtern sein wird.

Die Abwägung der wirtschaftlichen Folgen der Einführung bzw. Unterlassung einer Quarantäne begegnet großen Schwierigkeiten. Was zunächst die Folgen der Einbürgerung eines Schädlings betrifft, so wird die Betrachtung der biologischen Seite des Problems noch zeigen, daß es nur sehr bedingt möglich ist, auf Grund der Schädigungen in einem anderen Lande Schlüsse auf deren Ausmaß nach der Einschleppung des Schädlings in ein neues Gebiet zu ziehen. Dazu kommt, daß die statistische Erfassung von Schäden, die

---

[1]) Smith, H. S. u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Univ. California, Bul. 553, 1933, 12.

durch Pflanzenkrankheiten hervorgerufen werden, bekanntlich überhaupt große Unsicherheitsfaktoren in sich schließt.[1]) Man darf auch nicht vergessen, daß die mengenmäßigen Verluste nur einen Teil der Schäden darstellen. Qualitätsminderungen fallen häufig nicht weniger ins Gewicht. Weiter erfährt die Preisbildung nicht nur der von dem betreffenden Schädling befallenen Frucht weitgehende Veränderungen; auch die Preisbildung anderer Fruchtarten kann stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Es kann zu grundlegenden Veränderungen im gesamten Anbauverhältnis und zu tiefgreifenden Umgestaltungen der landwirtschaftlichen Betriebsverhältnisse des ganzen Landes kommen, wie das von Morstatt[1]) erwähnte Beispiel der Einbürgerung des mexikanischen Baumwollkapselkäfers in Alabama erkennen läßt. Die Einschleppung eines Schädlings in ein Land kann ferner dadurch von weittragender Bedeutung werden, daß andere mit diesem im Handelsverkehr stehende Staaten, in denen der Schädling noch nicht auftritt, daraufhin Quarantänemaßnahmen treffen, die den Absatz der betroffenen Waren sehr erschweren. Diese Hinweise mögen genügen, um zu zeigen, wie schwer die wirtschaftlichen Folgen der Einbürgerung eines Schädlings in ihrer Gesamtheit zu übersehen und richtig zu bewerten sind; trotzdem muß eine möglichst sorgfältige Abschätzung dieser Werte unbedingt gefordert werden. Verhältnismäßig leicht dagegen werden sich die Kosten ermitteln lassen, die für die fortlaufende Bekämpfung des eingeschleppten Schädlings aufzuwenden sind. Ihre Höhe wird sich u. a. danach richten, ob die Bekämpfung vollkommen neuartige Maßnahmen erfordert oder ob sie sich mit bereits gegen andere Schädlinge zur Anwendung gelangenden oder mit gebräuchlichen Kulturmaßnahmen verbinden läßt. In letzterem Falle wird der einzusetzende Betrag erheblich geringer ausfallen.

In gleicher Weise wie die Folgen der Unterlassung einer Quarantänemaßnahme sind diejenigen ihrer Einführung möglichst genau abzuschätzen. Zunächst muß hervorgehoben werden, daß erstere von vornherein letzterer gegenüber insofern benachteiligt ist, als sie notgedrungen stets in irgendeiner Weise in einen bisher völlig freien und ungebundenen Reise- und Handelsverkehr störend eingreifen muß, indem sie ihn bestimmten Beschränkungen unterwirft. Sie wird deshalb von jedem Betroffenen, der die tieferen Zusammenhänge nicht kennt, als eine Verschlechterung gegenüber dem bisherigen Zustand empfunden werden. Dieses psychologische Moment gewinnt dadurch an Gewicht, daß es bei einem außerordentlich großen Kreis von Menschen ausgelöst wird; durch die Einführung werden unmittelbar viel mehr Menschen betroffen als durch die Unterlassung der Quarantäne, da ja unter der Einschleppung eines Schädlings unmittelbar nur diejenigen zu leiden haben, die sich mit dem Anbau der befallenen Pflanzenart befassen, während in den Reise- und Handelsverkehr ein ungleich größerer Anteil der Bevölkerung eines Landes einbezogen ist. Wenn auch diesem psychologischen Moment selbstverständlich keine entscheidende Bedeutung beigemessen werden darf, so muß es doch bei der Bewertung der Folgen einer Quarantäne unbedingt berücksichtigt werden, zumal es bei der praktischen Durchführung eine noch zu erwähnende Verpflichtung auferlegt. Verhältnismäßig

---

[1]) Näheres siehe diesen Band S. 3ff., 19.

leicht werden sich die Kosten für die Durchführung der Maßnahme feststellen lassen. In ganz ähnlicher Weise wie diejenigen für die fortlaufende Bekämpfung werden sie niedrig sein, wenn bereits ein Quarantänedienst besteht, in dessen Rahmen sich die neue Überwachung unschwer eingliedern läßt, während sie sich wesentlich höher stellen werden, wenn ein solcher erst ins Leben gerufen werden muß. Sehr viel schwerer sind dagegen die weiteren Wirkungen zu übersehen, welche die Einführung einer Quarantänemaßnahme nach sich ziehen kann. Sie werden naturgemäß weitgehend durch die Art der Quarantäne bestimmt werden, die, wie noch zu zeigen sein wird, in sehr verschiedener Weise zur Durchführung gelangen kann. Ein vollständiges Einfuhrverbot wird sich viel einschneidender auswirken, als wenn die Einfuhr zugelassen und nur von der Erfüllung bestimmter Bedingungen abhängig gemacht wird. Ersteres wird unter Umständen die Preisgestaltung in dem geschützten Gebiet nicht unerheblich beeinflussen können, wobei von Bedeutung sein wird, wie dringend das unter die Quarantäne fallende Erzeugnis benötigt wird. Es wird sich hierbei um die Beachtung ganz ähnlich gelagerter Zusammenhänge handeln können, wie sie die Einführung von Schutzzöllen nach sich ziehen kann. Dieser Vergleich weist schließlich noch auf einen letzten sorgfältig zu prüfenden Gesichtspunkt hin. Bekanntlich werden Schutzzölle fast stets von dem betroffenen Einfuhrland mit Maßnahmen ähnlicher Art beantwortet, um die nachteiligen Wirkungen auszugleichen. Eine solche Rückwirkung darf ebenso bei der Einführung von Quarantänemaßnahmen nicht außer acht gelassen werden. Sie braucht auch nicht immer sichtbaren Ausdruck in dem Erlaß von Quarantänebestimmungen durch das Einfuhrland zu finden. Dieses kann unter Umständen eine viel nachhaltigere Gegenwirkung durch eine zweckentsprechende Umstellung seiner landwirtschaftlichen Erzeugung erreichen, indem es die von dem Einfuhrverbot betroffenen Kulturen zugunsten anderer einschränkt, mit denen es dem Quarantäneland Konkurrenz machen kann.

Zu derartigen „Vergeltungsmaßnahmen" sollte freilich die Einführung einer Quarantäne niemals führen. Von den verschiedensten Seiten wird davor gewarnt, sich zu einer solchen aus handels- oder finanzpolitischen Erwägungen bestimmen zu lassen. „Such procedure is not an honest application of the principles of plant quarantine." [1]) Fleury[2]) hat sich aufs schärfste dagegen verwahrt, die Politik in die Quarantäne hineinzutragen.

Als warnendes Beispiel führt er die Aufhebung der innerstaatlichen Quarantänemaßnahmen gegen den Maiszünsler *(Pyrausta nubilalis)* in den Vereinigten Staaten an, die am 15. 7. 1932 erfolgt ist, nachdem der Kongreß für das am 1. 7. 1932 beginnende Rechnungsjahr statt des geforderten Betrages von 795000 Dollar nur 295000 Dollar für die Durchführung der Abwehrmaßnahmen zur Verfügung gestellt hat.[3]) Infolgedessen beschränkt sich seitdem das Department of Agriculture auf die Beobachtung der Verbreitung des Schädlings und Anregungen zu seiner Bekämpfung, während die Verhinderung seiner Verschleppung in bisher unverseuchte Gegenden den interessierten Einzelstaaten überlassen bleibt. Fleury gibt dazu noch die

---

[1]) Nach einem Vortrag von H. T. Güssow auf dem 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam 1935.

[2]) Fleury, A. C., Recent trends in plant quarantine. Monthly Bul. Dep. Agric. California **32**, 1934, 65.

[3]) Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **12**, 1932, 81.

weitere bemerkenswerte Erläuterung: „It is interesting to note that the materially lessened appropriation carried a proviso that no part of it should be used for highway inspection, thus largely nullifying ability of the Federal Bureau of Plant Quarantine to give proper enforcement. This effort to interfere in enforcement apparently was based on objections of certain individuals having a personal interest in the area under quarantine, whose influence brought about revocation, regardless of what might be the future effect on those corn-growing states to which the pest has not spread."

Auch das Internationale Pflanzenschutzabkommen von 1929 hat sich erfreulicherweise diese Auffassung ausdrücklich zu eigen gemacht.

Artikel 8 verpflichtet die Vertragsländer, Ein- oder Durchfuhrverbote für Pflanzen oder Pflanzenteile aus einem bestimmten Herkunftslande aus Gründen des Pflanzenschutzes nur zu erlassen, wenn das Vorkommen einer Pflanzenkrankheit oder eines Schädlings in dem Gebiete dieses Landes tatsächlich festgestellt worden ist und wenn eine wirkliche Notwendigkeit besteht, die Kulturen des Landes, welches das Einfuhrverbot erlassen hat, davor zu schützen.[1])

## 2. Biologische Gesichtspunkte

Smith und seine Mitarbeiter[2]) betonen, daß „economic embargos disguised as quarantines in name only tend to discredit all sound quarantines and should be avoided". Deshalb messen sie dem Nachweis, daß eine Quarantäne „biologisch gesund" ist, große Bedeutung bei und halten es für außerordentlich wichtig, von der Erfüllung dieser Forderung auch die Bevölkerung desjenigen Landes zu überzeugen, gegen dessen Erzeugnisse sich die Quarantäne richtet, weil auf diese Weise am ehesten die Einführung von Vergeltungsmaßnahmen verhütet werden wird.

Die Frage, wann eine Quarantäne als „biologisch gesund" zu betrachten ist, leitet über zu den biologischen Gesichtspunkten, die vor Einführung einer Quarantäne zu prüfen und weiterhin ständig einer Nachprüfung zu unterziehen sind, um gegebenenfalls eine nicht mehr als „biologisch gesund" zu betrachtende Maßnahme wieder aufzuheben oder durch zweckentsprechende Umgestaltung den veränderten Verhältnissen anzupassen.

Als Beispiele für die aus einer Nachprüfung möglicherweise sich ergebenden Folgerungen führt Fleury[3]) die Aufhebung der Quarantäne Kaliforniens gegen den Citruskrebs und die Milderung der Maßnahmen gegen die Citrusmelanose an. Nachdem der Citruskrebs in Florida wieder ausgerottet ist, besteht kein Grund, die Quarantäne gegen ihn noch aufrecht zu erhalten. Der Erreger der Citrusmelanose in Kalifornien wird neuerdings als identisch mit dem der Citrusmelanose in den Golfstaaten angesehen; Unterschiede im Ausmaß der Schädigungen werden auf klimatische Einflüsse zurückgeführt. Deshalb erscheint in diesem Fall eine Milderung der Maßnahmen gerechtfertigt.

Von einer „biologisch gesunden" Pflanzenquarantäne verlangen Orton und Beattie[4]), daß sie sich auf die Naturgesetze gründet, welche die Verbreitung von Parasiten bestimmen. Auch Güssow[5]) bezeichnet als brauchbar nur die-

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1929, 171.

[2]) Smith, H. S., u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Agric. Exp. Stat. California, Bul. **553**, 1933, S. 59.

[3]) Fleury, A. C., Recent trends in plant quarantine. Monthly Bul. Dep. Agric. California **32**, 1934, 64.

[4]) Orton, W. A., and Beattie, R. K., The biological basis of foreign plant quarantines. Phytopathology **13**, 1923, 306.

[5]) Güssow, H. T., Vortrag gehalten auf dem 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam 1935.

jenigen Maßnahmen, die sich auf allgemein anerkannte biologische Grundsätze stützen, und Orton und Beattie[1]) sprechen von einer Gefahr, sich unwirksamen Beschränkungen ohne entsprechenden Nutzen zu unterwerfen, wenn die Quarantäne sich nicht auf das sichere wissenschaftliche Fundament gesunder biologischer Grundgedanken gründet. Da alle Quarantänemaßnahmen letzten Endes darauf abzielen, die Verbreitung von Parasiten, deren Auftreten auf bestimmte Gebiete beschränkt ist, über die Grenzen dieser hinaus zu verhindern, ist es vom biologischen Gesichtspunkt vor allem erforderlich, möglichst genau darüber unterrichtet zu sein, wie diese Verbreitung vor sich gehen kann. Nur auf dieser Grundlage läßt sich ein einigermaßen sicheres Urteil darüber gewinnen, wie weit Quarantänemaßnahmen Aussicht auf durchgreifenden Erfolg haben werden. Die verschiedenen Möglichkeiten der Verbreitung sind im wesentlichen bereits von Morstatt[2]) in diesem Handbuch bei Besprechung der Übertragung des Krankheitserregers zusammengestellt worden. Mit welchen von diesen im einzelnen Fall zu rechnen ist, hängt, abgesehen von der besonderen Lebensweise des Parasiten, gegen den sich die Quarantäne richten soll und die deshalb genau bekannt sein muß, vor allem davon ab, ob es sich um Gebiete handelt, die mehr oder weniger weit voneinander entfernt liegen, oder um solche, die aneinander grenzen. Butler[3]) unterscheidet danach zwischen „discontinuous or long-distance spread" und „continuous or short-range spread". Räumliche Trennung der beiden fraglichen Gebiete, bei der in erster Linie an eine Lage auf verschiedenen Kontinenten gedacht ist, kann auch durch andere natürliche Schranken bedingt sein, wie sie in hohen Gebirgen oder ausgedehnten, der Wirtspflanzen des Schädlings völlig ermangelnden Flächen gegeben sind. Schulbeispiele hierfür liefern insbesondere Indien und Kalifornien. Die Möglichkeiten der Verbreitung von Schädlingen unter diesen Umständen sind von Butler[3]) und Smith und seinen Mitarbeitern[4]) ausführlich erörtert worden. Letztere kommen zu dem Ergebnis, daß in geschichtlicher Zeit kein Fall bekannt geworden ist, in dem pflanzliche Schädlinge über einen Ozean anders als durch die Einrichtungen des Menschen verbreitet worden sind, während für tierische Schädlinge dieser Nachweis in einigen wenigen Fällen erbracht worden ist. Auch beim Vorhandensein anderer natürlicher Schranken trifft diese Feststellung im wesentlichen zu. Eine Ausnahme scheint die Einwanderung des Spargelrostes nach Kalifornien zu machen, die höchstwahrscheinlich auf die Verbreitung der Sporen durch den Wind zurückzuführen ist. Dieser Möglichkeit kommt entscheidende Bedeutung bei dem Vordringen eines Schädlings von einem Gebiet in ein angrenzendes anderes zu, das durch keinerlei natürliche Grenzen von dem ersteren getrennt ist. Hier sind auch alle anderen überhaupt denkbaren Möglichkeiten zu berücksichtigen, unter denen freilich die Maßnahmen und Einrichtungen des Menschen wiederum

[1]) Orton, W. A., and Beattie, R. K., The biological basis of foreign plant quarantines. Phytopathology **13**, 1923, 29.

[2]) Morstatt, H., Dieses Handbuch Bd. 1, 1. Teil. 6. Aufl. Berlin 1933, S. 121.

[3]) Butler, E. J., The dissemination of parasitic fungi and international legislation. Mem. Dep. Agric. India Bot. Ser. **9**, 1917, 4.

[4]) Smith, H. S., u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Univ. California, Bul. **553**, 1933, 21—25.

eine hervorragende Rolle spielen. Auf Einzelheiten wird noch bei Besprechung der verschiedenen Formen der Quarantäne einzugehen sein.

Um die Frage beantworten zu können, ob einer „discontinuous" oder einer „continuous spread" entgegenzuwirken ist, ist eine genaue Kenntnis der geographischen Verbreitung des betreffenden Schädlings erforderlich. Die ersten Anhaltspunkte hierfür wird die floristische Pflanzengeographie zu liefern haben, deren Aufgabe es u. a. ist, die Wohnbezirke der Florenelemente und ihre Besonderheiten festzustellen und nach der Bedingtheit dieser Bezirke zu forschen.[1]) Häufig wird sie aber nicht in der Lage sein, auf die besonderen Fragen der Pflanzenquarantäne eine restlos erschöpfende Antwort zu geben. Diesem Zweck werden Zusammenstellungen, wie die früher erwähnten, am besten gerecht werden können. Bisher verfügen aber nur die wenigsten Länder über solche; zum mindesten liegen sie nicht gedruckt vor und werden auch sicherlich häufig aus handelspolitischen Erwägungen nicht bekannt gegeben werden. Deshalb hat Güssow[2]) neuerdings gefordert, daß jedes Land einen Beobachtungsdienst einrichtet, dessen Aufgabe es ist, sich auf das sorgfältigste über das Vorkommen von Pflanzenschädlingen und über die von diesen befallenen Flächen zu unterrichten. Fortlaufend sollen dann Berichte, in denen offen und ehrlich Aufklärung über den Stand des Auftretens gegeben wird, allen Ländern zugestellt werden.

Ist so zunächst die Möglichkeit geschaffen, sich über die geographische Verbreitung der Schädlinge den erforderlichen Aufschluß zu verschaffen, so handelt es sich nun weiter darum, zu entscheiden, gegen welche von ihnen man Quarantänemaßnahmen einführen will und soll. Die früher erwähnte Internationale Phytopathologische Konvention von Rom bestimmt in Artikel 11, daß jedes ihr angeschlossene Land eine Liste derjenigen Pflanzenkrankheiten und Schädlinge aufstellt, gegen die es geschützt zu sein wünscht. In dem Entwurf von 1914 war noch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß von vornherein alle schon weitverbreiteten Krankheiten nicht aufgenommen werden sollten, weil eine Quarantäne gegen diese ja ohnehin zwecklos sein würde. Bei der Wahl, welche von den nicht allgemein verbreiteten Krankheiten in derartige Zusammenstellungen einzubeziehen sein würden, müssen nun wiederum weitgehend biologische Gesichtspunkte Berücksichtigung finden. Zunächst freilich wird es den Anschein haben, als ob für diese Entscheidung ausschließlich die wirtschaftliche Frage maßgebend sein darf, mit welchen Schäden nach der Einschleppung des Schädlings zu rechnen ist. Dabei wird man geneigt sein, die in anderen Ländern in dieser Beziehung gesammelten Erfahrungen zum Maßstab zu machen. Bei genauerer Prüfung stellt sich jedoch heraus, daß eine Voraussage auf dieser Grundlage vielfach außerordentlich unsicher ist. Man hat sehr häufig feststellen müssen, daß ein Schädling, der in einem anderen Gebiet verhältnismäßig harmlos ist, nach seiner Einschleppung in ein neues schwerste Schäden verursacht oder aber auch daß der umgekehrte Fall eintritt, so daß gleichsinniges Verhalten durchaus nicht die Regel ist. Welche von diesen drei Möglichkeiten verwirklicht wird, richtet sich einmal nach den biologischen Eigentümlichkeiten des in Frage stehenden Para-

[1]) Diels, L., in Schneiders Handwörterbuch der Botanik. 2. Aufl. Leipzig 1917, S. 510.

[2]) Güssow, H. T., Vortrag gehalten auf dem 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam 1935.

siten, zum andern danach, ob es sich um „continuous" oder um „discontinuous spread" handelt und ob die Entwicklungsbedingungen, unter denen namentlich das Klima von ausschlaggebender Bedeutung ist, im ursprünglichen und im zu schützenden Gebiet einander weitgehend ähneln oder mehr oder weniger voneinander abweichen. Welche mannigfaltigen Umstände dabei noch im Spiel sind, zeigt die von Orton und Beattie[1]) vorgenommene Aufstellung von verschiedenen Typen der Störung des biologischen Gleichgewichts in dem bedrohten Land. Entweder findet der neu eingeführte Schädling anfällige Wirte vor oder eine neu eingeführte Pflanze wird durch neue Schädlinge angegriffen oder ihre bisherigen Schädlinge werden miteingeführt. Geographische Verbreitung und Lebensweise müssen deshalb nicht nur für den Schädling, sondern auch für seine Wirtspflanzen bekannt sein und außerdem noch die Entwicklungsbedingungen in dem ursprünglichen und in dem zu schützenden Gebiet. Demnach wird die Beantwortung der Frage, gegen welche Schädlinge Quarantänemaßnahmen ergriffen werden sollen, in erster Linie von biologischen Gesichtspunkten bestimmt, wie das auch eindeutig in den weiteren Richtlinien zum Ausdruck gekommen ist, die der Entwurf der Phytopathologischen Konvention von 1914 für die Zusammenstellung der erwähnten Listen vorgesehen hatte, die freilich in die Konvention von 1929 nicht übernommen worden sind. Es sollten nämlich nur diejenigen Schädlinge aufgenommen werden, die epidemisch auftreten, eine „destructive or at least very harmful action" auf Kulturpflanzen ausüben und leicht mit lebenden Pflanzen oder Teilen von solchen verbreitet werden. Für welche die zweite Voraussetzung zutrifft, steht aber nur für dasjenige Gebiet fest, in dem der betreffende Schädling bereits verbreitet ist. Wie er sich nach seiner Einschleppung in ein anderes verhalten wird, kann nur mit mehr oder minder großer Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden. Um diese Gefahr möglichst zutreffend und rechtzeitig abzuschätzen, hat Cook[2]) eine Methodik für eine Verbreitungsprognose ausgearbeitet, die an anderer Stelle dieses Handbuchs bereits ausführlich wiedergegeben ist.[3]) Sie umfaßt im wesentlichen möglichst genaue Ermittlungen über das gegenwärtige Verbreitungsgebiet des Schädlings, das nach der Stärke seines Auftretens in drei Untergebiete aufgeteilt wird, weiterhin sorgfältige Erhebungen über die in diesen herrschenden klimatischen Faktoren und schließlich einen Vergleich der günstigen und ungünstigen Klimate des bisherigen mit dem Klima des zu schützenden Gebietes.

Cook hat seine Methodik nach eigenen Untersuchungen über die Verbreitung des Getreideschädlings *Agrotis orthogonia Morr.* und des gefürchteten Luzerneschädlings *Phytonomus variabilis Hbst.* ausgearbeitet. Namentlich die Ausbreitung des letzteren hat bis zum Jahre 1931 sehr gut der Voraussage entsprochen. Nach dem von Cook angegebenen Verfahren hat erstmalig Gjullin[4]) diejenigen Gebiete kartographisch festgelegt, in denen die Mittelmeerfruchtfliege *Ceratitis capitata Weid.* bei weiterer Verschleppung mehr oder minder schwere Schäden verursachen wird. Der Erfolg der Prognose bleibt abzuwarten. Durch einfache Gegen-

[1]) Orton, W. A., and Beattie, R. K., The biological basis of foreign plant quarantines. Phytopathology **13**, 1923, 298—302.

[2]) Cook, W. C., Notes on predicting the probable future distribution of introduced insects. Ecology **12**, 1931, 245—247.

[3]) Siehe Bd. 1, 1. Teil. 6. Aufl. Berlin 1933, S. 184.

[4]) Gjullin, C. M., Probable distribution of the mediterranean fruit fly *(Ceratitis capitata Weid.)* in the United States. Ecology **12**, 1931, 248—258.

überstellung der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse im nördlichen Nordamerika und in Deutschland hat Mansfeld[1]) die Frage zu beantworten gesucht, ob sich der Koloradokäfer unter den klimatischen Verhältnissen Deutschlands dauernd behaupten können wird. Er kommt zu dem Ergebnis, daß in West- und Süddeutschland eine klimatische Behinderung nicht zu bestehen scheint, wogegen im Nordosten möglicherweise die Trockenheit das Vorrücken des allerdings sehr anpassungsfähigen Tieres aufhalten könnte.

Das Verfahren von Cook betrifft vorerst nur die tierischen Schädlinge. Morstatt[2]) meint nun, daß bei der Untersuchung der ökologischen Bedingtheit der Pilzkrankheiten Möglichkeit und Stärke des Angriffs auf die Pflanze für die Forschung im Vordergrund des Interesses ständen, während die an sich große Vermehrungsfähigkeit der Pilze mehr als gegeben angesehen und ihre Beeinflussung durch Außenfaktoren nicht besonders untersucht werde. Bei den tierischen Schädlingen dagegen sei die Größe des Schadens fast ausschließlich der Menge der schädlichen Individuen proportional, und der Zustand der Pflanze, d. h. also ihre Disposition und Prädisposition spiele hier seltener eine Rolle. Deshalb habe sich die entomologische Forschung in ihrer neueren ökologischen Richtung auf das Problem der Vermehrung konzentriert. Es muß somit vorerst dahingestellt bleiben, ob ein Verfahren der Verbreitungsprognose, das sich für tierische Schädlinge bewährt hat, in gleicher Weise auch für pflanzliche brauchbar ist oder ob es gewisser Anpassungen an deren Besonderheiten bedarf. Zweifellos ist die Ausarbeitung zuverlässiger Verfahren für die Voraussage, ob die Einschleppung eines Schädlings in ein bisher von ihm nicht besiedeltes Gebiet zu seiner Einbürgerung und zu schweren Schäden für die Landeskultur führen wird, von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Denn sie allein gibt die Möglichkeit, die Einführung einer Quarantäne von vornherein zu vermeiden, die überflüssig und zwecklos ist, weil eine Einbürgerung des Schädlings selbst bei seiner Einschleppung gar nicht zu erwarten ist, und zu einer solchen nur in denjenigen Fällen zu schreiten, in denen tatsächlich ernste Gefahr droht. Es leuchtet ein, daß damit unnötige Beunruhigung und Störung des Handels- und Reiseverkehrs vermieden und das Vertrauen zur Wirksamkeit der Pflanzenquarantäne gehoben wird.

### d) Durchführung der Pflanzenquarantäne.

Sind alle Vorbedingungen, wie sie als biologische und wirtschaftliche Gesichtspunkte hier kurz dargelegt sind, vor der geplanten Einführung einer Quarantäne sorgfältig geprüft worden mit dem Ergebnis, daß sie in dem gekennzeichneten Sinne als erfüllt angesehen werden können, so handelt es sich nun darum, sich darüber klar zu werden, in welcher Form die Quarantäne zur Durchführung gelangen soll. Nach der Definition des National Plant Board fallen ihr zwei verschiedene Aufgaben zu: sie soll einmal die Einschleppung oder Ausbreitung einer „Seuche" verhindern oder einschränken und zum andern eine bereits eingeschleppte bekämpfen oder ausrotten. Smith und seine Mitarbeiter[3]) weisen

[1]) Mansfeld, K., Der Koloradokäfer im Klima Deutschlands. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd. 4, 1924, 45—46.

[2]) Dieses Handbuch Bd. 1, 1. Teil. 6. Aufl. Berlin 1933, S. 175.

[3]) Smith, H. S., u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. University California, Bul. 553, 1933, 10.

freilich mit Recht darauf hin, daß es sich letzten Endes in beiden Fällen um das gleiche Ziel handelt, nämlich um den Schutz noch nicht verseuchter Flächen gegen das Einschleppen von Schädlingen; denn auch die Bekämpfung oder Ausrottung einer eingeschleppten Seuche erfolgt im Grunde nur in dieser Absicht. Trotzdem entbehrt diese Zweiteilung nicht einer gewissen, zum mindesten praktischen Berechtigung, weil ihr im wesentlichen grundverschiedene Formen der Quarantäne entsprechen. Für diese ist nämlich von entscheidender Bedeutung, welche Stufe der Ausbreitung ein Schädling erreicht hat. Schwarz[1]) unterscheidet bei der Ausbreitung von Tieren drei solche Stufen, die Verschleppung, die Einschleppung und die Einbürgerung.

Verschleppung bedeutet nichts weiter, als daß die Tiere von den Transportmitteln des Verkehrs mitgeführt werden. Nur ein Teil von ihnen gelangt auf diesem Wege lebend in das neue, bisher nicht besiedelte Gebiet und erreicht damit die zweite Stufe der Ausbreitung, die Einschleppung. Man spricht in diesem Falle von Adventivformen. Erst die dritte Stufe aber ist diejenige, die dem Schädling die Ausdehnung seines Verbreitungsgebiets über die bisherigen Grenzen hinaus gewährleistet: die Einbürgerung besagt, daß die Einschleppung für ihn von Erfolg gekrönt gewesen ist, weil er in dem neuen Gebiet zusagende Entwicklungsbedingungen gefunden hat und deshalb dort festen Fuß hat fassen können. Das gleiche gilt sinngemäß für die Pflanzen, nur daß hier die erste Stufe der Ausbreitung, die heute schon bei den Tieren von untergeordneter Bedeutung sein dürfte, fast vollkommen belanglos ist, weil fast alle Gebiete der Welt, wie Butler[2]) betont, durch die Beschleunigung des Verkehrs gewissermaßen so eng aneinander gerückt sind, daß die große Mehrzahl der pflanzlichen Krankheitserreger mit ihren Wirtspflanzen sie lebend erreichen kann.

Wenn man versucht, die Maßnahmen der Quarantäne entsprechend der eben gekennzeichneten zweifachen Aufgabe zu den jeweils gegebenen Stufen der Ausbreitung in Beziehung zu bringen und in zwei Gruppen zusammenzufassen, so muß man feststellen, daß eine scharfe Scheidung nicht immer möglich ist. Im Falle der Einbürgerung eines Schädlings z. B. muß das unmittelbar getroffene Gebiet in erster Linie schnellstens zu Bekämpfungs- und Ausrottungsmaßnahmen greifen. Das allein genügt jedoch nicht, da ja der Erfolg dieser Maßnahmen keineswegs gesichert ist. Um eine Verseuchung des gesamten Staatsgebiets von den zunächst stets nur örtlich begrenzten Herden aus zu verhüten, ist es erforderlich, diese durch zweckentsprechende Maßnahmen abzusperren. Von dem noch nicht befallenen Gebiet aus gesehen handelt es sich also um Vorkehrungen gegen die Einschleppung. Die Maßnahmen, die man in diesem Fall trifft, sind aber ganz anderer Art als diejenigen, an die man bei der Verhinderung oder Einschränkung der Einschleppung oder Ausbreitung im Sinne der Definition des National Plant Board denkt. Obwohl also die gleiche Aufgabe der Verhütung der Einschleppung zu lösen ist, gelangt die Quarantäne in ganz verschiedener Form zur Anwendung. Andererseits kann auch zur Lösung verschiedener Aufgaben dieselbe Maßnahme herangezogen werden. Nach der Einbürgerung eines Schädlings muß ein Überwachungsdienst eingerichtet werden, um sein etwaiges Vorrücken frühzeitig und möglichst genau verfolgen zu können. Ein

[1]) Schwarz, E. A., *Coleoptera* common to North America and other countries. Proceed. ent. Soc. Wash. **1**, 1889, 182—194.

[2]) Butler, E. J., The dissemination of parasitic fungi and international legislation. Mem. Dep. Agric. India Bot. Ser. **9**, 1917, 23.

solcher Dienst ist gleichzeitig aber auch eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg der Quarantäne gegen die Einschleppung von Schädlingen in andere Länder. Die erstrebte Zusammenfassung der Quarantänemaßnahmen ist also unter alleiniger Berücksichtigung der Ausbreitungsstufen nur sehr bedingt zu erreichen. Man kommt diesem Ziel aber erheblich näher, wenn man noch einen weiteren Gesichtspunkt heranzieht, der bereits früher erwähnt worden ist, und auf den das eben angedeutete Beispiel für die Anwendung verschiedenartiger Maßnahmen zur Lösung der gleichen Aufgabe hinweist. Die verschiedene Form der Quarantäne ist hier nämlich dadurch bedingt, daß in dem einen Fall das gegen die Einschleppung zu schützende Gebiet an das von dem Schädling bereits befallene unmittelbar angrenzt, in dem anderen dagegen durch natürliche Schranken wie ausgedehnte Wasserflächen, hohe Gebirgszüge und dergleichen von ihm getrennt ist. Infolgedessen sind für die Einschleppung, wie früher gezeigt, ganz verschiedene Verbreitungsfaktoren entscheidend, und diesen sind die Quarantänemaßnahmen weitgehend anzupassen. Es wurde in diesem Zusammenhang bereits auf die Wichtigkeit der von Butler getroffenen Unterscheidung zwischen „continuous" und „discontinuous spread" hingewiesen. Legt man diese gemeinsam mit den Ausbreitungsstufen der Zusammenfassung der Quarantänemaßnahmen zugrunde, so läßt sich die Zweiteilung entsprechend der zweifachen Aufgabe wesentlich straffer durchführen, wenngleich auch dann noch eine vollkommene Trennung nicht immer möglich ist. Die so erreichbare reinliche Scheidung erfährt nun in der Regel dadurch wieder eine Einschränkung, daß noch ein weiterer Gesichtspunkt hineingetragen wird, der insofern voll berechtigt ist, als ja die Pflanzenquarantäne genau wie jede andere Quarantäne von der Staatsgewalt verordnet wird. Infolgedessen ist es naheliegend, ihre Maßnahmen vom Standpunkt des einzelnen Staates aus zu betrachten. Von diesem aus gesehen kann man zwischen Maßnahmen des Grenzschutzes und solchen zur Sperrung der Seuchengebiete unterscheiden. In dem ersten Fall handelt es sich dann um die Verhütung der Schädlingseinschleppung in das betreffende Staatsgebiet, im zweiten um die Verhinderung der weiteren Verschleppung im Staatsgebiet bei gleichzeitiger Bekämpfung und Ausrottung des eingebürgerten Schädlings. Das mexikanische Pflanzenschutzgesetz vom 30. 6. 1927[1]) bringt diese Trennung deutlich zum Ausdruck, indem es in Kapitel II von den Kontrollzonen und Quarantänen innerhalb des Landes und in Kapitel V von den äußeren Quarantänen spricht. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika wird die Foreign Plant Quarantine der Domestic Plant Quarantine gegenübergestellt.[2]) Die erstere regelt die Bestimmungen für die Überwachung der Einfuhr von Pflanzen, Pflanzenerzeugnissen und Insekten aus fremden Ländern und dem Inselbesitz des Bundes in das Bundesgebiet. Die letztere umfaßt Entwurf, Prüfung und Durchführung der verschiedensten Maßnahmen innerhalb des Bundesgebietes.

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 1, 1928, 233, 235.

[2]) Weber, G. A., The plant quarantine and control administration. Washington 1930, S. 96, 99.

## 1. Grenzschutz

### α) Bedingungslose Einfuhrverbote

Wenn Smith und seine Mitarbeiter[1]) meinen, die erste Maßnahme, um Pflanzenschädlinge von einem Gebiet fernzuhalten, habe wahrscheinlich in einer Untersuchung des eingeführten Pflanzenmaterials auf den Befall durch Schädlinge bestanden und in der Ablehnung der Freigabe alles desjenigen, was Anzeichen einer Erkrankung aufwies, so dürfte dies nicht den Tatsachen entsprechen, zum mindesten nicht, soweit es sich um eine wirkliche Quarantäne d. h. um eine vom Staat verordnete Maßnahme des Grenzschutzes handelt. Denn anscheinend ist eine solche erstmalig durch das Deutsche Reich getroffen worden. Es verbot 1873[2]) jede Einfuhr von Reben zum Verpflanzen und 1875[2]) die Einfuhr von Kartoffeln aus Amerika sowie von Schalen und Abfällen von solchen und von Säcken oder sonstigen Gegenständen, welche zur Verpackung oder Verwahrung derartiger Kartoffeln oder Kartoffelabfälle gedient haben.

Das erste Gesetz hat 1879[2]) insofern eine Abänderung erfahren, als das Verbot der Einfuhr auf alle Reben, gleichviel ob dieselben zum Verpflanzen geeignet sind oder nicht, sowie auf alle sonstigen Teile des Weinstocks, insbesondere auch auf Rebenblätter ausgedehnt worden ist. Trauben sind von dem Verbot ausgenommen, wenn zu ihrer Verpackung keine Rebenblätter verwendet worden sind. 1883 nach Abschluß der internationalen Reblauskonvention vom 3. 11. 1881 ist noch eine weitere Verschärfung des Verbots erfolgt, indem nunmehr auch ausgerissene Weinstöcke, trockenes Rebholz, Kompost, Düngererde, gebrauchte Weinpfähle und Weinstützen einbezogen worden sind. Das Einfuhrverbot für Kartoffeln hat 1923[2]) eine Erweiterung erfahren, indem nunmehr nach der Einbürgerung des Koloradokäfers in Frankreich die Einfuhr von Kartoffeln, Tomatenpflanzen, Auberginen und Johannisbeersträuchern auch aus diesem Lande verboten worden ist. Auch hier sind Säcke und sonstige Gegenstände, die zur Verpackung oder Verwahrung solcher Früchte, Pflanzen, Sträucher und Abfälle gedient haben, eingeschlossen.

Daß Einfuhrverbote (complete embargoes) die ersten Maßnahmen der Quarantäne gewesen sind, ist auch deshalb wahrscheinlich, weil ihre Durchführung den geringsten Schwierigkeiten begegnet. Bedarf es doch in diesem Falle keinerlei besonders geschulter Kräfte, wie sie für die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Schädlingsbefall nicht zu entbehren sind. Es kommt lediglich darauf an, daß diejenigen Stellen, die die gesamte Einfuhr in das zu schützende Gebiet überwachen, über die Fähigkeit verfügen, die zur Einfuhr nicht zugelassenen Gegenstände richtig anzusprechen. Diese Voraussetzung wird um so eher erfüllt sein, je geringer die Zahl der unter das Verbot fallenden Gegenstände ist, und je mehr sie allgemein bekannt sind, wie es z. B. für Kartoffeln zutrifft.

Daß freilich sogar bei einem solchen Gegenstand des täglichen Verbrauchs Zweifel entstehen können, zeigt ein Schreiben des Deutschen Reichskanzlers[2]) vom 9. 8. 1906 an die Regierungen der Deutschen Grenzstaaten über die zu Unrecht erfolgte Zurückweisung einer Sendung „süßer Kartoffeln". Der betreffenden Zollabfertigungsstelle war nicht bekannt gewesen, daß hierunter die Batate, *Ipomoea batatas*, zu verstehen ist, die zu *Solanum tuberosum* keinerlei verwandtschaftliche Beziehungen hat.

---

[1]) Smith, H. S., u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Univ. California, Bul. **553**, 1933, 82—83.

[2]) Noack, M., Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich. Berlin 1926, S. 17, 18, 28, 30.

Es ist also unbedingt erforderlich, daß die Benennung der unter das Gesetz fallenden und der einzuführenden Gegenstände so eindeutig erfolgt, daß keine derartigen Verwechslungen möglich sind. Die erwähnten Gesetze weisen auf ein weiteres wichtiges Erfordernis hin. Da das Verbot der Einfuhr die Einschleppung des Schädlings, gegen den es sich richtet, verhindern soll, ist ohne weiteres klar, daß dieses Ziel nur dann erreicht werden kann, wenn tatsächlich alle überhaupt denkbaren Möglichkeiten der Einschleppung unterbunden werden. Deshalb sind neben der eigentlichen oder hauptsächlichen Wirtspflanze noch weitere Arten, die erfahrungsgemäß von dem Schädling befallen werden, und vor allem auch das Versandmaterial von der Einfuhr auszuschließen. Hier liegt eine der Hauptschwierigkeiten des Einfuhrverbots. In manchen Fällen wird die Liste der unter dieses aufzunehmenden Gegenstände außerordentlich umfangreich werden.

Ein besonders anschauliches Beispiel dafür bietet die von den Vereinigten Staaten von Nordamerika erlassene Pflanzenschutzverordnung Nr. 70 vom 21. 10. 1933 über die Regelung der Einfuhr von Ulmenteilen und Erzeugnissen aus Ulmenholz[1]). Nach dieser ist die Einfuhr folgender Waren vom europäischen Festland in die Vereinigten Staaten verboten: a) Samen, Blätter, Pflanzen, Stecklinge und Pfropfreiser von Ulmen oder verwandten Pflanzen, b) Klötze, Bauholz, Nutzholz oder Furniere solcher Pflanzen, wenn Rinde daran ist, c) Lattenkisten, Kisten, Fässer, Verpackungsleisten und andere Behälter sowie andere ganz oder teilweise aus Ulmen oder verwandten Holzarten hergestellte Gegenstände, wenn das Ulmenholz oder das Holz verwandter Pflanzen nicht frei von Rinde ist. Unter ,,Ulmen oder verwandte Pflanzen" werden Angehörige jeder Art und jeder Gattung der Familie der *Ulmaceen* verstanden.

Es leuchtet ein, daß je größer die Zahl der von der Einfuhr auszuschließenden Gegenstände ist und je weniger allgemein bekannt und leicht erkennbar diese sind, um so unübersichtlicher die Bestimmungen werden und um so eher die Möglichkeit eines Übersehens gegeben ist und besondere Sachkenntnis erforderlich wird. Dazu kommt vor allem, daß selbst bei weitest gespanntem Rahmen niemals die Erfassung aller Möglichkeiten für die Einschleppung gewährleistet werden kann. Aus dieser Erkenntnis heraus sind die Vorschläge zu verstehen, nicht an grundsätzlich freier Einfuhr festzuhalten und nur für bestimmte Gegenstände Einfuhrverbote zu erlassen, sondern umgekehrt vorzugehen, indem man grundsätzlich jede Einfuhr verbietet und nur bestimmte Fälle hiervon ausnimmt. So hat v. Tubeuf[2]) 1928 den Erlaß eines Reichspflanzenschutzgesetzes gefordert, durch das vor allem die Einfuhr bewurzelter Pflanzen nach Deutschland allgemein verboten würde. Dadurch würde die Gefahr wegfallen, Krankheitserreger einzuschleppen, die sich in oder an den bewurzelten Pflanzen selbst, in der Ballenerde und am Verpackungsmaterial befinden. Auch v. Geyr[3]) hat gefordert, daß die Einführung lebender Pflanzen und Pflanzenteile für die Forstwirtschaft unbedingt und gänzlich untersagt werde. Man sei auf solche Einführungen keineswegs angewiesen, Sämereien genügten der Forstwirtschaft durchaus. Wenn aber in Einzel- und Sonderfällen bestimmte Formen nur durch Pfropf-

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **6**, 1934, 74.

[2]) Tubeuf, v., Reichspflanzenschutzgesetz. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. **38**, 1928, 65—70.

[3]) Geyr, H. v., Anbau ausländischer Holzarten. Mitt. Deutsche Dendrol. Ges. 1929, 182.

reiser oder Stecklinge eingeführt werden könnten, so müßte eben auf solche im Interesse des allgemeinen Pflanzenschutzes verzichtet werden. In die gleiche Richtung weist es, wenn Orton und Beattie[1]) dafür eintreten, den interkontinentalen Handel mit lebenden Pflanzen auf das mit den volkswirtschaftlichen Erfordernissen eben noch verträgliche Maß zu beschränken. Das wird mit Einfuhrverboten allein kaum zu erreichen sein. Demgemäß hat v. Geyr[2]) bereits 1925 und seitdem zu wiederholten Malen[3])[4]) auch den Erlaß von Ausfuhrverboten verlangt. Viel wichtiger und erfolgreicher als ein deutsches Einfuhrverbot erscheint es ihm, wenn Nordamerika, von dem Deutschland aufs äußerste durch Einschleppung immer neuer Pflanzenfeinde bedroht sei, im eigenen und internationalen Interesse außer zu seinem eigenen Schutz jede Einfuhr auch zugunsten Europas jede Ausfuhr von Pflanzen verbieten würde.

Auf der anderen Seite haben aber die offensichtlichen Schwierigkeiten und Mängel, die im Gefolge von Einfuhrverboten unvermeidlich sind, auch zu der gegenteiligen Forderung geführt, von dem Erlaß von solchen gänzlich Abstand zu nehmen. Schon 1898 hat Sorauer[5]) auf der Skandinavischen Naturforscherversammlung in Stockholm erklärt, daß Einfuhrverbote vom phytopathologischen Standpunkt aus höchstens nur als Versuch in seltenen Fällen zulässig erscheinen.

Ihre Nützlichkeit sei noch nirgends erwiesen, so daß sie nur unter ganz besonderen Umständen Erfolg in Aussicht stellen könnten. Dagegen seien sie mit zahlreichen Nachteilen verbunden, unter denen auch die Einschläferung der Bevölkerung in eine unbegründete Sicherheit angeführt wird, während es doch gerade darauf ankomme, Gärtner, Land- und Forstwirte zur persönlichen Mitarbeit bei sachgemäßer Beurteilung erkrankter Kulturen heranzuziehen und die Ausbildung eines allgemeinen sachverständigen Überwachungsdienstes in Angriff zu nehmen.

In gleichem Sinne hat er sich 1900 auf dem internationalen landwirtschaftlichen Kongreß in Paris[6]) geäußert, während er späterhin seinen Standpunkt anscheinend etwas geändert hat. Denn 1908 hält er „alle Einfuhrverbote nach dem Erscheinen eines Parasiten in einer Gegend für nutzlose Verschwendung von Zeit und Geld, die besser zu sofortigen Studien über die Natur des Parasiten und Einschränkungsversuchen durch geeignete Kulturmittel verwendet werden könnten.“[7]) Bemerkenswert ist weiter, daß dieses offenbar gemilderte Urteil mit dem Hinweis begründet wird, es sei praktisch vollkommen unmöglich,

---

[1]) Orton, W. A., and Beattie, R. K., The biological basis of foreign plant quarantines. Phytopathology **13**, 1923, 306.

[2]) Geyr, H. v., Die Douglasienwollaus. Forstl. Wochenschr. Silva **13**, 1925, 81—83.

[3]) Geyr, H. v., Anbau ausländischer Holzarten. Mitt. Deutsche Dendrol. Ges. 1929, 182.

[4]) Geyr, H. v., Die Douglasienschütte. Der Deutsche Forstwirt **13**, 1931, 274. Wie ist *Rhabdocline pseudotsugae* zu bekämpfen? Der Deutsche Forstwirt **13**, 1931, 498.

[5]) Sorauer, P., Die Pflanzeneinfuhrverbote vom phytopathologischen Standpunkt betrachtet. Verhandl. 15. Skandinav. Naturforschervers. Stockholm 1898. (Nach Justs Bot. Jahresber. 2. Abt. **27**, 1899, 364.)

[6]) Sorauer, P., Die Prädisposition für parasitäre Krankheiten. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **10**, 1900, 360.

[7]) Sorauer, P., Anmerkung zu R. Schander, Das Auftreten des amerikanischen Stachelbeermehltaus *Sphaerotheca mors uvae Berk.* in Deutschland im Jahre 1907. Internation. phytopath. Dienst **1**, 1908, 121.

eine Gegend durch Absperrungsmaßregeln vor Pilzsporen zu schützen. Demnach bleibt noch die Frage offen, ob Einfuhrverbote als Maßnahme gegen die Einschleppung von tierischen Schädlingen in gleichem Sinne zu werten sein sollen. Mit dieser hat sich insbesondere Reh[1]) beschäftigt und ist dabei grundsätzlich zu demselben Ergebnis gekommen. Er meint, allgemeine Verbote seien wohl überhaupt nicht oder äußerst selten angebracht, während solche gegen gewisse Tiere oder Pflanzen bzw. Pflanzengruppen in einigen Fällen kaum zu vermeiden sein dürften. Reh führt auch die Stellungnahme einer ganzen Reihe weiterer Autoren an, wobei er es leider an einer scharfen Scheidung fehlen läßt, ob Einfuhrverbote oder die gleich zu besprechenden Einfuhrbeschränkungen abgelehnt werden. Hervorgehoben sei hier nur der Standpunkt von Ritzema Bos[2]), weil dieser Autor ihn ausführlich begründet.

Er lehnt Einfuhrverbote ab, weil sie zunächst höchst lästig und nachteilig für Ackerbau und Handel und somit sehr schädlich für die Allgemeinheit seien. Ferner seien sie häufig dadurch überflüssig geworden, daß die betreffenden Schädlinge, wie sich später herausgestellt habe, ohnehin sich in dem zu schützenden Lande nicht einbürgern konnten. Weiter seien die Verbote stets zu spät erlassen worden, um eine Einschleppung zu verhindern. Schließlich denke man naturgemäß nicht daran, Einfuhrverbote gegen Parasiten zu erlassen, die in ihrer ursprünglichen Heimat nicht schädlich seien, es aber nach ihrer Einschleppung in das zu schützende Land oft würden.

Unterzieht man die Meinungen für und wider den Erlaß von Einfuhrverboten einer genaueren Prüfung und wägt sie gegeneinander ab, so kommt man zu dem Ergebnis, daß sich die widersprechenden Standpunkte, so unvereinbar sie zunächst erscheinen mögen, doch miteinander bis zu einem gewissen Grade in Einklang bringen lassen, wenn man sie unter einem der bereits erörterten biologischen Gesichtspunkte betrachtet. Offenbar kann nämlich sowohl die eine wie die andere Partei recht haben, je nachdem ob es sich um die Verhütung von „continuous" oder „discontinuous spread" handelt. v. Geyr[3]) weist mit Recht darauf hin, daß ein Gesetz, das etwa den Verkehr mit Holzpflanzen innerhalb von Festeuropa einschränken wollte, international seinem Zweck nicht entsprechen könnte, weil beispielsweise Schädlinge eines Douglasienbestandes in Holland nicht gehindert werden könnten, auf einen deutschen jenseits der Grenze hinüberzufliegen. Er schlägt dann vor, man solle auf der Nordhalbkugel fünf Gebiete ausscheiden, zwischen denen jeder Verkehr mit allen lebenden Pflanzen verboten würde. Diese Gebiete umgrenzt er in großen Zügen als England, Festeuropa, Ostasien, Japan, Amerika. Wenn dadurch auch nicht alle dem deutschen Wald von auswärts drohenden Gefahren gebannt würden, so würde doch eine sehr wesentliche und unmittelbare Gefahrenquelle dem Versiegen nahegebracht werden. In ähnlicher Weise hat neuerdings Güssow[4]) den Zusammenschluß

[1]) Reh, L., Über Einfuhrbeschränkungen als Schutz gegen die Einschleppung pflanzenschädlicher Insekten. Ztschr. f. angew. Entomol. 4, 1918, 235.

[2]) Ritzema Bos, J., Welke zijn de beste maatregeln, die van staatswege kunnen worden genomen om onzen land- en tuinbouw zooveel megelijk te vrijwaren tegen plantenziekten en schadelijke dieren, welke van elders zouden kunnen worden geimporteerd? Tijdschr. over Plantenziekten 13, 1907, 138.

[3]) Geyr, H. v., Anbau ausländischer Holzarten. Mitt. Deutsche Dendrolog. Ges. 1929, 182.

[4]) Güssow, H. T., Vortrag gehalten auf dem 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam 1935.

ausgedehnter Länderkomplexe unter phytopathologisch-biologischen Gesichtspunkten vorgeschlagen. Ein- bzw. Ausfuhrverbote werden also dann gerechtfertigt sein, wenn sie die Verschleppung von Krankheitserregern über große Entfernungen oder andere natürliche Schranken der oben erwähnten Art verhindern sollen. Ob und in welchem Umfang sie im einzelnen Fall zu erlassen sind, kann nur auf Grund gewissenhaftester Prüfung aller wirtschaftlichen und biologischen Gesichtspunkte entschieden werden, die um so nachhaltiger zu fordern ist, als es sich bei Ein- und Ausfuhrverboten ja, wie früher angedeutet, um die einschneidendsten aller Quarantänemaßnahmen handelt. Wenn aber Reh[1]) meint, es sei unmöglich, auf die Dauer ein fremdes Schadinsekt von einem Lande fernzuhalten, falls die Bedingungen für die Einschleppung und die Einbürgerung günstig seien, und zum Beweis für die Richtigkeit seiner Auffassung die wiederholte Einbürgerung des Koloradokäfers in Deutschland und England trotz der strengen Einfuhrverbote anführt, so dürfte ganz im Gegenteil die Verhinderung der Einbürgerung des Koloradokäfers in Europa bis etwa zum Jahre 1920 und in Deutschland bis zum heutigen Tage der beste Beweis für die Wirksamkeit von Einfuhrverboten sein, wenn die eben gekennzeichnete Voraussetzung gegeben ist und die Durchführung einwandfrei erfolgt. Letzteres ist in Frankreich, vermutlich infolge der vermehrten Schwierigkeiten während des Weltkrieges, zweifellos nicht der Fall gewesen. Als 1922 die ersten ausgedehnten Herde des Käfers entdeckt wurden, war seine Einbürgerung bereits vollzogen und seine Ausrottung nicht mehr möglich, während sie bekanntlich in Deutschland bei frühzeitiger Entdeckung zu wiederholten Malen gelungen ist. Ob mit einem solchen Erfolg gerechnet werden kann, wird sehr verschieden beurteilt. Sorauer[2]) z. B. sieht nur geringe Aussicht auf Erfolg, wenn bei Einwanderung eines Pilzes die ersten bekannt werdenden Krankheitsherde durch gänzliches Vernichten der Pflanzen gesäubert werden, weil „die Erfahrung lehrt, daß wir stets mit den erst bemerkten Infektionsherden gleichzeitig solche haben, die zunächst nicht bemerkt worden sind und mittlerweile als weitere Ausbreitungszentren gedient haben". Am deutlichsten kommt die gegensätzliche Auffassung in der Auseinandersetzung zwischen v. Tubeuf[3]) und v. Geyr[4]) über die Maßnahmen zum Ausdruck, die man gegen die weitere Ausbreitung von *Rhabdocline pseudotsugae* ergreifen soll. Während ersterer für Austilgung der Seuchenherde eintritt und glaubt, daß dann durch das Verbot der Einfuhr von Nadelholzpflanzen vom 3. 6. 1930[5]) die Einbürgerung von *Rhabdocline* verhindert werden wird, möchte letzterer von Austilgungsversuchen absehen, da sie ihm von vornherein zur Erfolglosigkeit verurteilt zu sein scheinen, und sieht die einzige Rettung darin, durch Beobachtung, Versuch und Auslese möglichst bald zur Feststellung schütte-

[1]) Reh, L., Über Einfuhrbeschränkungen als Schutz gegen die Einschleppung pflanzenschädlicher Insekten. Ztschr. f. angew. Entomol. **4**, 1918, 233.

[2]) Sorauer, P., Anmerkung zu R. Schander, Das Auftreten des amerikanischen Stachelbeermehltaues *Sphaerotheca mors uvae Berk.* in Deutschland im Jahre 1907. Internation. phytopath. Dienst **1**, 1908, 121.

[3]) Tubeuf, v., Das Spiel mit dem Feuer. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **41**, 1931, 333—339.

[4]) Geyr, H. v., Wie ist *Rhabdocline pseudotsugae* zu bekämpfen? Der Deutsche Forstwirt **13**, 1931, 497—500.

[5]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **3**, 1930, 5.

fester Douglasienformen zu kommen. Es ist klar, daß nach der endgültigen eine Ausrottung nicht mehr zulassenden Einbürgerung eines Schädlings dieser für sein Vordringen in die Nachbarstaaten nicht mehr auf eine „discontinuous", sondern auf eine „continuous spread" angewiesen ist. Einer solchen gegenüber aber trifft die Auffassung von Reh[1]) zu: eine Einschleppung des Schädlings in die Nachbarländer und seine Einbürgerung dort wird durch noch so streng durchgeführte Einfuhrverbote nicht mehr zu verhindern sein. Will man sie nicht aufheben, so können sie nur zum Ziel haben, einerseits die Einschleppung hinauszuzögern und dadurch Zeit zu gewinnen, um Bekämpfungsmaßnahmen auszuarbeiten, andererseits den Strom der eindringenden Schädlinge möglichst einzudämmen.

### β) Bedingte Einfuhr

Wenn man nicht zu umfassenden Einfuhrverboten, etwa im Sinne des erwähnten Verbots jeglicher Ein- bzw. Ausfuhr von lebenden Pflanzen und Pflanzenteilen greift, ist man heute, mit Rücksicht auf die häufig einschneidenden Folgen für den gesamten Güteraustausch, im allgemeinen in zunehmendem Maße geneigt, die Einfuhr grundsätzlich zu gestatten, aber von der Erfüllung bestimmter Bedingungen abhängig zu machen. Es zeigt sich hier also eine ähnliche Tendenz wie in der Human- und Veterinärquarantäne, wo man, wie einleitend bemerkt, im Lauf der Entwicklung immer mehr von der Quarantäne in der ursprünglichen Form abgekommen und lediglich zu einer gesundheitlichen Kontrolle aller eingehenden Schiffe, Viehtransporte usw. übergegangen ist. Die Bedingungen, an die die Einfuhrzulassung geknüpft ist, können darin bestehen, daß die Sendungen lediglich von bestimmten Bescheinigungen begleitet sein müssen, in denen nähere Angaben entweder nur über ihre Herkunft oder auch über ihren Gesundheitszustand gefordert werden. Solche Bescheinigungen werden als Gesundheits- und Ursprungszeugnisse bezeichnet.

Ein Ursprungszeugnis wird beispielsweise in der Internationalen Reblaus-Konvention vom 3. 11. 1881[2]) gefordert. Nach Artikel 3 müssen alle nicht zur Kategorie der Rebe gehörigen Pflänzlinge, Sträucher und sonstige aus Pflanzschulen, Gärten und Gewächshäusern stammenden Vegetabilien mit einer Bescheinigung der zuständigen Behörde des Ursprungslandes versehen sein, aus welcher hervorgeht:

a) daß sie von einer Bodenfläche (einer offenen oder umfriedigten Pflanzung) stammen, die von jedem Weinstock durch einen Zwischenraum von wenigstens 20 m oder durch ein anderes Hindernis getrennt ist, welches nach dem Urteil der zuständigen Behörde ein Zusammentreffen der Wurzeln ausschließt;

b) daß jene Bodenfläche selbst keinen Weinstock enthält;

c) daß auf derselben keine Niederlage von Reben sich befindet;

d) daß, wenn auf derselben von der Reblaus befallene Weinstöcke sich befunden haben, eine gänzliche Ausrottung der letzteren, ferner wiederholte Desinfektionen und drei Jahre Untersuchungen erfolgt sind, welche die vollständige Vernichtung des Insekts und der Wurzeln verbürgen.

[1]) Reh, L., Über Einfuhrbeschränkungen als Schutz gegen die Einschleppung pflanzenschädlicher Insekten. Ztschr. f. angew. Entomol. 4, 1918, 233.

[2]) Reichsgesetzblatt 1882, 125.

Als Beispiel für ein Ursprungs- und Gesundheitszeugnis sei dasjenige angeführt, das nach der Verordnung zur Abwehr der Einschleppung des Kartoffelkrebses vom 7. 3. 1930[1]) fremde Länder für die Kartoffelausfuhr nach Deutschland beizubringen haben. Hier muß der Sachverständige u. a. bescheinigen,

1. daß die in der näher beschriebenen Sendung enthaltenen Kartoffeln von ihm am heutigen Tage untersucht und frei von Kartoffelkrebs *(Synchytrium endobioticum)* befunden worden sind;

2. daß die Kartoffeln aus einem nicht mit Kartoffelkrebs verseuchten landwirtschaftlichen Betriebe stammen und daß innerhalb eines Umkreises von 2 km von dem Feld, auf dem die Kartoffeln gewachsen sind, Kartoffelkrebs nicht festgestellt worden ist.

Im einzelnen muß der Inhalt der Zeugnisse sich nach den früher besprochenen biologischen Gesichtspunkten richten. Die Internationale Phytopathologische Konvention von Rom hat sich bereits 1914 um Vereinheitlichung dieser Zeugnisse bemüht[2]), für die auch im Anhang des Abkommens von 1929 ein entsprechender Wortlaut vorgesehen ist.[1])

Der Wert derartiger Zeugnisse wird heute, zum mindesten wenn es sich um reine Gesundheitszeugnisse handelt, und vor allem, wenn sie die einzige Bedingung für die Zulassung zur Einfuhr bilden, teilweise stark in Zweifel gezogen. So messen Smith und seine Mitarbeiter[3]) ihnen nur eine sehr beschränkte Bedeutung für die Verhinderung der Einschleppung von Krankheitserregern zu und berufen sich dabei auf die Erfahrungen der Vergangenheit und auf Untersuchungen von Marlatt.[4]) Dieser Autor hat in den Vereinigten Staaten eingehende Pflanzensendungen, denen Gesundheitszeugnisse der Ursprungsländer beigefügt waren, auf Vorhandensein von Krankheitserregern untersucht und solche in großer Zahl gefunden. Smith und seine Mitarbeiter führen auch eine Reihe von Gründen an, warum derartige Zeugnisse nicht vollständiges Freisein von bestimmten oder gar allen Krankheitserregern gewährleisten können. In neuester Zeit hat sich auch Güssow[5]) sehr ablehnend gegen sie ausgesprochen. Sie bieten seiner Überzeugung nach nur wenig Garantie für die Richtigkeit des in ihnen Zugesicherten. Als ihr Hauptzweck erscheint ihm nicht der Schutz des Einfuhrlandes, sondern die Erleichterung der Ausfuhr. Meist läßt deshalb das Einfuhrland es jetzt nicht mehr bei der Forderung nach Vorlage derartiger Zeugnisse bewenden, sondern sieht auch eine Nachprüfung ihrer Richtigkeit durch eigene Untersuchungen beim Grenzübertritt vor. Daß letztere allein ohne Vorlage von Ursprungs- und Gesundheitszeugnissen ebensowenig wie die Zeugnisse allein befriedigen können, ist naheliegend, da ja die Schwierigkeit bzw. Unmöglichkeit der Entdeckung des Krankheitserregers oder kranker Ware — Güssow weist in diesem Zusammenhang insbesondere auf die Viruskrankheiten hin — für beide Fälle in gleicher Weise zutrifft. Smith und seine Mitarbeiter lehnen deshalb diese von ihnen als „inspection at point of destination“ bezeichnete Regelung ebenso ab wie die

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **3**, 1930, 4; **2**, 1929, 174.

[2]) Butler, E. J., The dissemination of parasitic fungi and international legislation. Mem. Dep. Agric. India Bot. Ser. **9**, 1917, 72—73.

[3]) Smith, H. S., u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Univ. California, Bul. **553**, 1933, 84—85.

[4]) Marlatt, C. L., Protecting the United States from plant pests. Natl. Geogr. Mag. **40**, 1921, 205—218.

[5]) Güssow, H. T., Vortrag gehalten auf dem 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam 1935.

„inspection and certification at point of origin". Sie empfehlen als einzig zuverlässige Maßnahme die „controlled introduction of plants and plant products". Danach soll die Pflanzenquarantäne eine allgemeine Überwachung des gesamten Verkehrs mit Pflanzenmaterial umschließen, in deren Rahmen die Einfuhr nur bei Erfüllung bestimmter Bedingungen genehmigt wird.

Wie ohne weiteres einleuchtet, hat es nur dann einen Sinn, die Genehmigung der Einfuhr von bestimmten Bedingungen abhängig zu machen, wenn gleichzeitig Vorsorge getroffen ist, daß diese auch wirklich erfüllt werden können. Welche Vorkehrungen dazu getroffen werden müssen, ist bereits in der Internationalen Reblaus-Konvention vom 3. 11. 1881[1]) angedeutet.

Artikel 1 dieser Konvention bestimmt: Die vertragschließenden Parteien verpflichten sich, behufs der Ermöglichung eines einheitlichen und wirksamen Vorgehens gegen das Eindringen und die Verbreitung der Reblaus ihre innere Gesetzgebung erforderlichenfalls zu ergänzen und hierbei die nachfolgenden Punkte ins Auge zu fassen:

1. Überwachung der Weinberge, Gärten, Gewächshäuser und Pflanzschulen, ferner Untersuchung derselben nach der Reblaus und im Falle der Auffindung tunlichste Vernichtung des Insekts.

2. Abgrenzung der von dem Übel befallenen Gebiete nach Verhältnis des Auftretens und der Verbreitung desselben innerhalb des Staatsgebiets.

3. Regelung des Versands von Reben und deren Abfällen und Erzeugnissen sowie von Pflanzen, Sträuchern und sonstigen Erzeugnissen des Gartenbaues, um eine Verschleppung des Übels von Ansteckungsherden aus im eigenen Lande oder auf dem Verkehrswege nach anderen Staaten zu verhüten.

4. Die Art der Verpackung bei Versendung von Gegenständen der vorbezeichneten Art sowie Verhütungsmaßregeln und Vorschriften für Fälle der Übertretung der erlassenen Verordnungen.

In Artikel 2 heißt es u. a., daß Pflanzen, Sträucher und sonstige Erzeugnisse von Pflanzschulen, Gärten, Gewächshäusern und Orangerien von einem Staat nach dem andern nur durch die zu diesem Behufe von den vertragschließenden Nachbarstaaten zu bezeichnenden Zollämter eingeführt werden dürfen.

Artikel 3 verlangt, daß bestimmten Gegenständen eine Bescheinigung der Behörde des Ursprungslandes beigegeben werden muß, wonach diese Gegenstände

a) aus einem, soviel bekannt, von der Reblaus verschonten Bezirk herrühren, welcher als solcher auf der in jedem der vertragschließenden Staaten herzustellenden und richtig zu erhaltenden Spezialkarte verzeichnet ist;

b) in jene nicht erst neuerdings eingeführt wurden.

Er bestimmt weiter, daß das Zollamt die fraglichen Gegenstände durch amtliche Sachverständige untersuchen läßt.

Nach Artikel 4 sind Gegenstände, welche nach dem Ausspruch der Sachverständigen mit der Reblaus behaftet sind, nebst dem Verpackungsmaterial sofort an Ort und Stelle durch Feuer zu vernichten. Die Fahrzeuge, welche zum Transport gedient haben, sind unverzüglich und ausreichend mit Schwefelkohlenstoff zu waschen oder mittels irgendeines andern wissenschaftlich als wirksam anerkannten und staatlich genehmigten Verfahrens zu desinfizieren. Jeder Staat soll die geeigneten Maßnahmen treffen, um die strenge Ausführung solcher Desinfizierungen zu sichern.

Aus diesen Bestimmungen ist zunächst zu entnehmen, daß eine bedingte Einfuhr nicht nur bestimmte Vorkehrungen an der Grenze des zu schützenden Gebiets erfordert, sondern solche auch in seinem Innern verlangt. Diese bilden teilweise auch die Voraussetzung für die Durchführung der später zu besprechen-

[1]) Reichsgesetzblatt 1880, 17—21.

den Sperrung der Seuchengebiete zur Verhinderung der Verschleppung von Krankheiten im Lande. Die früher erwähnte Unmöglichkeit, zwischen den beiden großen Gruppen von Quarantänemaßnahmen scharf zu scheiden, wird hier offenbar; sie greifen ineinander. Das zeigt z. B. sehr deutlich das deutsche Gesetz betreffend Maßregeln gegen die Reblauskrankheit vom 6. 3. 1875[1]).

§ 1 dieses Gesetzes ermächtigt den Reichskanzler, Ermittlungen innerhalb des Weinbaugebietes der einzelnen Bundesstaaten über das Auftreten der Reblaus anzustellen. § 2 umgrenzt die Befugnisse der mit diesen Ermittlungen betrauten Organe.

Demnach sind diese Organe ursprünglich vorgesehen worden, um eine Verschleppung der Reblaus innerhalb des Reichsgebietes zu verhüten, da zur Zeit des Erlasses dieses Gesetzes noch keinerlei Regelung für den internationalen Verkehr bestand. Nach Abschluß der Internationalen Reblauskonvention dagegen sind sie auch für den Grenzschutz unentbehrlich geworden. Denn Aufgaben, wie die durch den Artikel 1 den vertragschließenden Staaten übertragenen, die auch die Unterlagen für die Ausstellung von Ursprungszeugnissen liefern, können nur durch besonders geschulte Organe gelöst werden. Solche sind weiter erforderlich, wenn die Einfuhr in das zu schützende Gebiet nur nach vorangegangener Untersuchung der einzuführenden Gegenstände auf Befall durch bestimmte Krankheitserreger zugelassen ist, sei es, daß die Untersuchung in dem Ursprungsland vorzunehmen ist oder daß sich das Einfuhrland eine solche durch seine eigenen Organe vorbehält.

Solange es sich nur um einige wenige und leicht erkennbare Krankheitserreger handelt, auf die bei der Ausstellung von Ursprungs- und Gesundheitszeugnissen zu achten ist, genügt es, im Bedarfsfalle Sachverständige heranziehen zu können.

So ersucht der preußische Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten in einem Erlaß an die Oberpräsidenten vom 30. 7. 1883[2]), die Sachverständigen schleunigst zu ersuchen, „die Funktionen als solche in denjenigen Fällen zu übernehmen, in welchen sie von dem betreffenden Zollamt requiriert werden sollten". Zugleich sollen diese darauf aufmerksam gemacht werden, „daß in dem Falle einer Requisition der Zollbehörde die Beschleunigung zur Vornahme der Untersuchung dringendes Erfordernis ist, wenn nicht der angehaltenen Pflanzensendung, sofern sie später für gesund befunden wird, der größte Nachteil erwachsen soll. Sofern der requirierte Sachverständige in einem einzelnen Fall verhindert sein sollte, der Requisition des Zollamts ohne Säumen zu genügen, so hat derselbe die Requisition sofort an seinen Stellvertreter gelangen zu lassen."

Eine derartige Regelung für den Bedarfsfall wird um so weniger ausreichen, je ausgedehnter von der Forderung von Ursprungs- und Gesundheitszeugnissen Gebrauch gemacht wird und je weniger spezialisiert diese zu halten sind, da dann die Zahl der festzustellenden Krankheitserreger immer größer wird und damit die Anforderungen an die Sachkenntnis der Sachverständigen ständig wachsen. Die Notwendigkeit, dem Verlangen nach Vorlage von Gesundheitszeugnissen nachzukommen, hat deshalb in manchen Ländern erst Anlaß gegeben, eine ständige Organisation zu schaffen, wie sie heute allgemein als Pflanzenschutzdienst bekannt ist. Das trifft z. B. für den französischen Pflanzenschutzdienst zu.

---

[1]) Reichsgesetzblatt 1875, 175.

[2]) Moritz, Maßnahmen zur Bekämpfung der Reblaus und anderer Rebenschädlinge im Deutschen Reiche. Berlin 1902, S. 66.

Schwartz[1]) weist darauf hin, daß der erste Anlaß zu seiner Einrichtung durch die Vorbereitung und den Erlaß des Pflanzenschutzgesetzes der Vereinigten Staaten von Nordamerika vom Jahre 1912 gegeben worden ist. Dieses Gesetz läßt die Einfuhr von lebenden Pflanzen nur zu, wenn die Sendungen von Gesundheitszeugnissen staatlich beauftragter Pflanzenschutzsachverständiger der Ursprungsländer begleitet sind. Frankreich mußte deshalb Vorsorge treffen, daß seine Exporteure die vorgeschriebenen Atteste beibringen konnten, und hat zu diesem Zweck seinen phytopathologischen Dienst ins Leben gerufen. In klarer Erkenntnis der Voraussetzungen für eine wirksame Pflanzenquarantäne ist dann auch in Artikel 2 des Internationalen Pflanzenschutzabkommens gefordert worden, daß in jedem dem Übereinkommen beitretenden Lande eine amtliche Pflanzenschutzorganisation zu schaffen ist, welche die Durchführung der im Artikel 1 vorgesehenen Maßnahmen gegen die Einführung und Ausbreitung von Pflanzenschädlingen sicherstellen soll.[2])

In Deutschland ist die Tätigkeit der Sachverständigen zur Zeit in der Weise geregelt, daß Anträge auf Ausstellung von Pflanzenschutzzeugnissen an die für jeden Pflanzenschutzbezirk zuständige Hauptstelle für Pflanzenschutz zu richten sind, von der aus die Beauftragung eines Sachverständigen erfolgt. Ein Verzeichnis der zur Ausstellung von Zeugnissen ermächtigten Pflanzenbeschausachverständigen, getrennt für die Pflanzenausfuhr und für die Kartoffelausfuhr, wird alljährlich am Schluß des Nachrichtenblatts für den Deutschen Pflanzenschutzdienst veröffentlicht. Ein im Entwurf vorliegendes Reichspflanzenschutzgesetz sieht die Einrichtung eines Pflanzenbeschaudienstes für die Überwachung der Einfuhr, Durchfuhr und Ausfuhr von Pflanzen, Pflanzenerzeugnissen und sonstigen Gegenständen vor, die aus Gründen des Pflanzenschutzes zu untersuchen sind. Diesem Dienst soll dann auch die aus den gleichen Gründen vorgeschriebene Überwachung von Baumschulen, Gartenbau-, Weinbau- und Saatzuchtbetrieben sowie die Ausstellung von Gesundheitszeugnissen obliegen.

Dieser letztere Hinweis erwähnt eine weitere, in Artikel 1 der Internationalen Reblaus-Konvention ebenfalls angeführte, wesentliche Voraussetzung für die Erfüllung der Bedingungen, an welche die Einfuhr geknüpft ist. Güssow[3]) bezeichnet als vornehmste Pflicht aller Länder, die Ausfuhr jedes wahrscheinlich kranken Materials zu verhindern, das ein anderes Land bedrohen kann. Das aber ist, wie er mit Recht betont, nur möglich mit Hilfe eines ausreichenden Überwachungsdienstes am Erzeugungsort während der Vegetation. Das leuchtet z. B. ohne weiteres ein bei Krankheiten, die bei der Untersuchung des Pflanzenmaterials überhaupt nicht zu erkennen sind, wie es z. B. für die große Gruppe der Viruskrankheiten zutrifft. Es gilt aber auch für viele andere Fälle, in denen die Feststellung des Schädlings mehr oder minder großen Schwierigkeiten begegnet. Deshalb bedarf es besonderer Vorkehrungen, um eine solche Überwachung der Erzeugungsstätten zu ermöglichen.

So hat Deutschland in dem Gesetz betr. die Abwehr und die Unterdrückung der Reblauskrankheit vom 3. 7. 1883[4]) zur Ausführung der Internationalen Reblaus-Konvention bestimmt, daß alle Rebpflanzungen der Beaufsichtigung und Untersuchung durch die von den Landesregierungen ermächtigten Organe unterliegen. Die letzteren sind befugt, zum Zweck

[1]) Schwartz, M., Die Organisation des französischen Pflanzenschutzdienstes. Nachrichtenblatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 4.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1929, 169.

[3]) Güssow, H. T., Vortrag gehalten auf dem 6. Internationalen Botaniker-Kongreß in Amsterdam 1935.

[4]) Reichsgesetzblatt 1883, 149.

von Nachforschungen nach der Reblaus die Entwurzelung einer entsprechenden Anzahl von Rebstöcken zu bewirken. Die Überwachung geschieht durch die Landesregierungen. Insbesondere sollen diejenigen Rebschulen, in welchen Reben zum Verkaufe gezogen werden, einer regelmäßigen, mindestens alljährlichen Untersuchung unterworfen werden.

Hier ist also ein erster Anfang zur Einrichtung eines Überwachungsdienstes gemacht, indem dieser nur für einen bestimmten Schädling eingerichtet worden ist. Einen weiteren Ausbau bedeutet die Regelung der Anerkennung landwirtschaftlicher Saaten, wie sie beispielsweise in Deutschland durch die Anordnung des Verwaltungsamtes des Reichsbauernführers vom 15. 4. 1935[1]) neu erfolgt ist. Die Anerkennung, die an anderer Stelle dieses Handbuches ausführlich behandelt ist, hat eine eingehende Besichtigung des Pflanzenbestandes am Erzeugungsort zur Voraussetzung. Als Beispiele für eine generelle Regelung schließlich seien das französische Dekret vom 12. 10. 1932 und das brasilianische Dekret vom 12. 4. 1934 über Pflanzenschutz angeführt.[2])

In Artikel 18 des ersteren heißt es, daß die Ursprungszeugnisse und das Pflanzenschutzgesundheitszeugnis nur für Erzeugnisse ausgestellt werden dürfen, die aus Kulturen stammen, die regelmäßig der Pflanzenschutzüberwachung des Staates unterliegen. Artikel 20 ordnet an, daß jeder Unternehmer, der zur Erlangung derartiger Zeugnisse seine Kulturen oder Erzeugnisse der staatlichen Pflanzenschutzüberwachung unterwerfen will, einen diesbezüglichen Antrag zu stellen hat. Das brasilianische Dekret bestimmt in Artikel 48, daß Ausführer, die Gesundheitszeugnisse erlangen wollen, zunächst bei dem Pflanzenschutzdienst die Besichtigung ihrer Saatfelder, Pflanzungen usw. und danach die Besichtigung der zur Ausfuhr bestimmten Erzeugnisse beantragen müssen.

Auf eine dritte wesentliche Voraussetzung für die Erfüllung der Bedingungen, an welche die Einfuhr geknüpft ist, macht endlich Artikel 3 der Internationalen Reblaus-Konvention aufmerksam. Wenn die Einfuhr in das zu schützende Gebiet an jeder beliebigen Stelle der Grenze erfolgen kann, ist eine wirksame Überwachung nicht möglich. Deshalb sieht dieser Artikel ihre Zulassung nur über bestimmte genau zu bezeichnende Zollämter vor.

In Ausführung der Konvention bestimmt die deutsche Verordnung, betreffend das Verbot der Einfuhr und der Ausfuhr von Pflanzen und sonstigen Gegenständen des Wein- und Gartenbaues vom 4. 7. 1883[3]), in § 4, daß die Einfuhr ausschließlich über die hierfür vom Reichskanzler zu bezeichnenden Zollämter und die Ausfuhr ausschließlich über die zu diesem Behuf von einem jeden der beteiligten Staaten für sein Gebiet zu bezeichnenden Zollämter stattzufinden hat. Verzeichnisse der deutschen und ausländischen Zollstellen, über welche die Einfuhr der zur Kategorie der Rebe nicht gehörigen Pflänzlinge, Sträucher und sonstigen Vegetabilien erfolgen darf, sind durch die Bekanntmachungen vom 6. 3. und 15. 9. 1925[4]) veröffentlicht worden. Weiter sind Einlaßstellen für die in das deutsche Zollinland eingehenden Kartoffelsendungen sowie für untersuchungspflichtiges Obst und für untersuchungspflichtige lebende Pflanzen und frische Teile von solchen durch die Verordnungen vom 29. 5. 1935 und vom 23. 11. 1934[4]) bekannt gegeben worden.

Bei der Auswahl der Einlaßstellen muß naturgemäß auf die Möglichkeit Rücksicht genommen werden, die erforderlichen Untersuchungen sachgemäß durchführen zu können. Deshalb wird z. B. in Artikel 3 des Dekrets vom 12. 4. 1934[2]),

---

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 82—90; 1—3; 122.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 183, 127.

[3]) Reichsgesetzblatt 1883, 153.

[4]) Noack, M., Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich 1926, 55—57, 87—92.

das den brasilianischen Pflanzenschutz neu regelt, bestimmt, daß die Einfuhr von Pflanzen und Pflanzenteilen nur über solche Häfen oder Grenzstationen zulässig ist, in denen ein Pflanzenschutzdienst eingerichtet ist. Welche Häfen und Stationen dementsprechende Einrichtungen besitzen, soll von Zeit zu Zeit durch das Landwirtschaftsministerium bestimmt werden. Es ist naheliegend, daß man derartige Einrichtungen nur an solchen Stellen der Grenze treffen wird, über die der Verkehr bereits vorwiegend geht. Daß die Entwicklung der Technik zu grundlegenden Änderungen im bestehenden Verkehrsnetz führen kann, zeigt das Beispiel Kaliforniens.

Die starke Zunahme des Automobilverkehrs aus dem Großen Becken durch die Trockengebiete von Nevada über die Sierra Nevada öffnete eine neue Einlaßpforte für das Eindringen von Pflanzenschädlingen. Kalifornien wurde von hier aus besonders durch die Einschleppung des Luzerneblattnagers *(Phytonomus variabilis)* bedroht. Das führte 1921 zur Einrichtung der ,,Border inspection". Es wurden zunächst auf den beiden Hauptzufahrtsstraßen U. S. Nr. 40 und U. S. Nr. 50 Inspektionsstationen eingerichtet.[1]) Entsprechend dem Anwachsen des Automobilverkehrs ist die Zahl dieser Stationen bis zum Dezember 1934 auf 24 erhöht.[2])

Eine weitere einschneidende Änderung wird in neuester Zeit durch den schnellen Ausbau des Flugverkehrs angebahnt.

Kisliuk[3]) berichtet über das Ergebnis der phytopathologischen Untersuchung von je einem Strauß von Chrysanthemen, Nelken und Rosen, die als einziges lebendes Pflanzenmaterial auf dem Luftschiff ,,Graf Zeppelin" bei seiner Landung in Lakehurst gefunden wurden. Auf ihnen stellte er sieben Insekten und zwei Pilze fest. Fleury[4]) macht auf die Gefahr aufmerksam, die Kalifornien aus einem Flugverkehr zwischen dem Festland und Hawaii durch die Möglichkeit der Einschleppung von *Ceratitis capitata Wied.* und *Bactrocera cucurbitae (Cop.)* droht. Das Bureau of plant quarantine der Vereinigten Staaten hat darum neuerdings eine ,,airplane inspection" eingerichtet. Sie wird an denjenigen Flugplätzen durchgeführt, die als Einlaßstellen für die Ankunft aus anderen Staaten zugelassen sind.

Die Natur des Flugverkehrs bringt es mit sich, daß die Einlaßstellen nicht an der Grenze des zu schützenden Gebiets liegen, sondern in seinem Innern. In manchen Staaten ist die gleiche Regelung zum Teil auch für die auf dem Land- oder Wasserwege eingehenden Sendungen getroffen, um auf diese Weise eine Zentralisierung der Untersuchung an einigen wenigen Orten zu ermöglichen und dadurch diese mit vollkommeneren Einrichtungen ausstatten zu können. Bei einer solchen Regelung ist aber die Gefahr nicht ganz von der Hand zu weisen, daß der Transport einer verseuchten Sendung von der Grenze bis zum Untersuchungsort die Einschleppung eines Schädlings zur Folge haben kann.

Um eine möglichst restlose Erfassung aller eingehenden Pflanzensendungen zu gewährleisten, verpflichtet das Brasilianische Pflanzenschutzdekret[5]) in Artikel 6 das Finanzministerium, durch seine Zollämter und Zollposten dem Beamten des Pflanzenschutzdienstes in dem betreffenden Hafen oder der Grenz-

---

[1]) Smith, H. S., u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Univ. California, Bul. **553**, 1933, 113.

[2]) Fleury, A. C., Bureau of plant quarantine. Monthly Bul. Dep. Agric. California **23**, 1934, 495.

[3]) Kisliuk jr., M., Plant quarantine inspection of the Dirigible ,,Graf Zeppelin". Journ. econ. entomol. **22**, 1929, 594—595.

[4]) Fleury, A. C., Recent trends in plant quarantine. Monthly Bul. Dep. Agric. California **23**, 1934, 495.

[5]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 123.

station die Ankunft aller Pflanzen und Pflanzenteile unter Angabe des Herkunftslandes mitzuteilen. Eine gleiche Mitteilung ist seitens des Ministeriums für den Verkehr und die öffentlichen Arbeiten durch die Post- und Telegraphenverwaltungen für Pflanzen und Pflanzenteile zu machen, die auf dem Postwege eingeführt werden.

Auf den Philippinen sucht man den gleichen Zweck dadurch zu erreichen, daß alle Personen, die beabsichtigen, Pflanzenmaterial einzuführen, bei dem Bureau of Plant Industry einen Antrag auf Untersuchung der hereinkommenden Pflanzen bei oder vor der Ankunft einer solchen Sendung zu stellen haben.[1])

Die Aufgaben, die den Einlaßstellen zufallen, sind in den einzelnen Ländern entsprechend der Verschiedenartigkeit der Einfuhrbedingungen sehr unterschiedlich. Wenn die Einfuhr lediglich von der Vorlage eines Gesundheitszeugnisses des Ursprungslandes abhängig gemacht wird, wie es z. B. für Dänemark nach der Bekanntmachung vom 22. 2. 1935[2]) zutrifft, so kann sich die Einlaßstelle auf die Nachprüfung beschränken, ob das Zeugnis den Vorschriften entspricht. Nur wenn dies nicht zutrifft, sind weitere Maßnahmen zu ergreifen. Wesentlich stärker schon ist die Beanspruchung, wenn es sich wie bei der kalifornischen „Border inspection" darum handelt, alle durchkommenden Fahrzeuge auf das Mitführen von Pflanzen und Pflanzenteilen zu untersuchen, deren Einfuhr verboten ist. Von dem Umfang der dabei beschlagnahmten Konterbande gibt eine Zusammenstellung von Smith und seinen Mitarbeitern[3]) eine Vorstellung. Die höchsten Anforderungen schließlich werden gestellt, wenn alle eingehenden Pflanzensendungen grundsätzlich einer Untersuchung auf Schädlingsbefall zu unterwerfen sind, auch wenn sie von Ursprungs- und Gesundheitszeugnis begleitet sind, wie es z. B. das britische Memorandum[4]) über das Gesundheitszeugnis für Pflanzen, die nach dem Vereinigten Königreich eingeführt werden sollen, und die Verordnung des Oberkommissars von Palästina vom 26. 2. 1934[4]) vorschreiben. Führt eine solche Untersuchung zu keinen Beanstandungen, so kann die Sendung unter Beifügung einer Besichtigungsbescheinigung, wie sie z. B. die Ausführungsbestimmungen zu der belgischen Verordnung über die Überwachung der Einfuhr von Kartoffeln vom 10. 4. 1935[5]) anordnen, freigegeben werden. Das brasilianische Pflanzenschutzdekret scheint von einer solchen abzusehen. Denn in Artikel 9[6]) heißt es nur, daß der Beamte des Pflanzenschutzdienstes die Abfertigung der eingeführten Erzeugnisse genehmigt, wenn er sich überzeugt hat, daß sie nicht unter die Bestimmungen fallen, die ihre Einfuhr ausschließen. In manchen Fällen wird eine Sendung, auch wenn sie keinerlei Anzeichen von Schädlingsbefall erkennen läßt, erst freigegeben, nachdem sie einer bestimmten Behandlung unterworfen worden ist.

Artikel 1 des brasilianischen Pflanzenschutzdekrets bestimmt in § 1[6]), daß Pflanzenarten, deren Einfuhr mit Erde gestattet ist, beim Eingang unbedingt zu desinfizieren und mit anderer

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **5**, 1933, 94.
[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 39.
[3]) Smith, H. S. u. a., The efficacy and economic effects of plant quarantines in California. Univ. California Bul. **553**, 1933, 123.
[4]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 10, 23.
[5]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 156.
[6]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 124, 122.

Erde zu versehen sind. Nach der U. S. A. Federal-Quarantine Nr. 64 sind aus Texas stammende Früchte, auch wenn sie trotz eingehender Untersuchung keinen Befall durch die mexikanische Fruchtfliege zeigen, zur Beseitigung jeglichen Risikos durch geeignete Maßnahmen zu entseuchen.

Die Anwendung von Entseuchungsverfahren, deren technische Durchführung an anderer Stelle dieses Handbuchs[1]) besprochen ist, wird nun vor allem in Erwägung zu ziehen sein, wenn die Untersuchung das Vorhandensein von Schädlingen ergeben hat. In diesem Fall bleiben demnach zwei Möglichkeiten. Entweder wird man die Freigabe des verseuchten Materials ablehnen und für seine Beseitigung Sorge tragen, oder man wird seine Einführung zulassen, nachdem es durch ein unbedingt sicheres Verfahren vollkommen entseucht ist. Welchen von beiden Wegen man einschlägt, wird von verschiedenen Gesichtspunkten bestimmt. Vor allem wird entscheidend sein, ob ein zuverlässig wirkendes Entseuchungsverfahren bekannt ist. Dann aber kann auch mitsprechen, wie stark die Verseuchung ist, und ob es sich um einen Schädling handelt, der in dem zu schützenden Gebiet überhaupt noch nicht vorkommt oder ob er schon mehr oder weniger in ihm verbreitet ist.

So bestimmt Artikel 11 des brasilianischen Pflanzenschutzdekrets[2]), daß eingeführte Pflanzenerzeugnisse, die befallen oder schädlich sind oder bezüglich deren nur der Verdacht besteht, daß sie Träger von Pilzen, Insekten oder anderen Schädlingen sind, die in dem Lande bereits vorkommen oder verbreitet und als wirtschaftlich weniger wichtig bekannt sind, abgefertigt werden können, wenn sie einer Desinfektion, Reinigung oder Sterilisierung nach den vom Landwirtschaftsministerium erlassenen Bestimmungen unterzogen worden sind. Die Verordnung des Oberkommissars von Palästina vom 26. 2. 1934[3]) überläßt es der Entscheidung des Pflanzenschutzbeamten, ob Pflanzen, die bei der Untersuchung als von irgendeinem Virus, Bakterium, Pilz oder einer anderen Krankheit angesteckt oder als Träger irgendeiner Insektenkrankheit befunden werden, vernichtet, an ihren Ursprungsort zurückgesandt oder einer Entseuchung unterworfen werden. Besonders aufschlußreich ist in dieser Beziehung das erwähnte britische Memorandum. Hier wird der Unterschied der Behandlung an Hand von einigen Beispielen erläutert. Befall durch die San-José-Schildlaus wird auch bei nur geringem Ausmaß sofortige Vernichtung oder Rücksendung des Materials zur Folge haben, weil dieser Schädling im Vereinigten Königreich noch nicht vorkommt. Bei geringem Befall durch die Kommalaus wird man dagegen die Sendung freigeben, wenn der Empfänger die befallenen Bäume zur Zufriedenheit entseuchen läßt. Das Memorandum beschließt diese Erörterung jedoch mit dem Hinweis, es sei selbstverständlich, daß Sendungen von Pflanzen, die sichtbar und wesentlich selbst von gewöhnlichen Krankheiten oder Schädlingen befallen seien, nicht zur Einfuhr zugelassen, sondern entweder zurückgesandt oder vernichtet würden.

Ob eine verseuchte Sendung, deren Entseuchung und Einfuhr abgelehnt ist, zurückgesandt oder vernichtet wird, bestimmen wiederum die besonderen Umstände.

In Brasilien sind solche Sendungen, soweit nicht der eben zitierte Artikel 11 Anwendung finden kann, nach Artikel 10 binnen 14 Tagen wieder zu verladen; andernfalls werden sie nach Ablauf dieser Frist fortgeschafft oder vernichtet. Handelt es sich um gefährliche oder sich schnell verbreitende Schädlinge oder Krankheiten, so nimmt der Pflanzenschutzdienst sofort die Beschlagnahme und Vernichtung der befallenen Erzeugnisse vor.

Eine besondere Behandlung erfordern schließlich noch diejenigen Fälle, in denen man über den Gesundheitszustand der Sendung nicht sofort mit hinreichender Sicherheit Aufschluß erhalten kann.

---

[1]) Vgl. S. 210 dieses Bandes.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 7, 1935, 125.

[3]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 7, 1935, 23.

Das brasilianische Pflanzenschutzdekret sieht auch diese Möglichkeit vor und bestimmt in Artikel 12, daß Pflanzen oder Pflanzenteile, die aus verdächtigen Ländern oder Gebieten kommen oder deren Gesundheitszustand bei Ankunft zweifelhaft ist, unter Quarantäne in amtlichen Anlagen oder an Orten, die nach Ansicht des Pflanzenschutzdienstes die nötige Sicherheit bieten, ausgepflanzt werden; sie bleiben dort unter Überwachung und dürfen ohne vorherige Genehmigung nicht entfernt werden. Das britische Memorandum will diesem Verfahren Pflanzen aus allen Ländern mit gemäßigtem Klima, aber mit einer der europäischen unähnlichen Flora und Fauna unterwerfen, da man von solchen Pflanzen am ehesten die Einschleppung von bisher in Großbritannien nicht vorhandenen Schädlingen und Krankheiten befürchtet. Swingle, Robinson und May[1]) haben vorgeschlagen, eine solche Quarantäne im ursprünglichen Sinne des Wortes mit einer mengenmäßigen Begrenzung der Einfuhr von Aufzuchtmaterial aus fremden Ländern zu verbinden, das an isolierter Stelle anzubauen ist. Erst wenn es dort nach einer bestimmten Zeit keinerlei Anzeichen von Krankheiten hat erkennen lassen, soll es zur unbeschränkten Vermehrung im Lande freigegeben werden.

### γ) Durchfuhr

Wie früher bereits erwähnt wurde, schließt die Verlegung der Einlaßstellen und damit der Untersuchung des einzuführenden Pflanzenmaterials von der Grenze in das Innere des Einfuhrlandes eine gewisse Gefahr ein. Der Transport einer verseuchten Sendung über Strecken des zu schützenden Gebietes kann genügen, um die Einschleppung eines Schädlings zur Folge zu haben. Das trifft naturgemäß in gleichem bzw. im Hinblick auf die längere Strecke in erhöhtem Maße für die Durchfuhr verseuchter Sendungen durch ein Gebiet zu, das sich gegen die Einschleppung derjenigen Krankheitserreger schützen will, mit denen die Sendung behaftet ist. Deshalb bedarf die Durchfuhr, die ja immer mit der Einfuhr beginnt, ebenso wie diese einer genauen Überwachung. Welche Sicherungsmaßnahmen getroffen werden, hat sich nach dem Ausmaß der Gefahr zu richten, mit dem die Durchfuhr verbunden ist, und dieses wiederum wird bestimmt durch die Herkunft der Sendung, durch das Pflanzenmaterial und durch die Art des Transports und der Verpackung.

Daß die Herkunft der Sendung für die anzuwendende Sicherungsmaßnahme eine Rolle spielt, zeigen z. B. die Ausführungsbestimmungen des belgischen Finanzministeriums zur Überwachung der Einfuhr von Kartoffeln, Tomaten und Auberginen vom 19. 4. 1935.[2]) Nach ihnen ist, wenn die Beförderung nicht auf der Eisenbahn erfolgt, die Durchfuhr von Sendungen französischer Herkunft völlig verboten, während solche aus anderen Ländern unter bestimmten Voraussetzungen zur Durchfuhr zugelassen werden.

Als Beispiel für die Abhängigkeit der Sicherungsmaßnahmen von der Art des Pflanzenmaterials seien die Bestimmungen für die Durchfuhr durch Deutschland angeführt.[3]) Während die Durchfuhr von Reben völlig verboten ist, ist die Durchfuhr aller nicht zur Kategorie der Rebe gehörigen Gewächse gestattet, wenn die betreffenden Erzeugnisse unter Zollverschluß durch das Reichsgebiet befördert werden.

Den Einfluß der Art des Transports und der Verpackung lassen wiederum die eben erwähnten belgischen Ausführungsbestimmungen erkennen. Sie verzichten auf jegliche ,,Förmlichkeit über gesundheitliche Regelung" für solche Sendungen, die das Land in unmittelbarer Durch-

[1]) Swingle, W. T., Robinson, T. R., and May jr., E., Quarantine procedure to safeguard the introduction of citrus plants: a system of aseptic plant propagation. U. S. Dept. Agr. Circ. **299**, 1924.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 156.

[3]) Noack, M., Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich. Berlin 1926, S. 14, 99, 98.

fuhr beim Ein- und Ausgang mit der Eisenbahn passieren. Andere Beförderungsarten im Durchfuhrverkehr sind dagegen den allgemeinen, für die Einfuhr vorgesehenen Bedingungen unterworfen. Nach der Bekanntmachung des dänischen Landwirtschaftsministeriums über die Einfuhr von Kartoffeln vom 21. 7. 1927[1]) ist die Durchfuhr von Kartoffeln nicht als Einfuhr anzusehen, sofern der Versand mittels durchgehenden Frachtbriefes erfolgt und die Kartoffeln sorgfältig verpackt sind oder wenn die Umladung in einem dänischen Hafen von Schiff zu Schiff, nicht über Kai, erfolgt. Deutschland[2]) verzichtet im Hinblick auf die Art, wie Poststücke verpackt sein müssen, auf die sonst bestehende Forderung des Zollverschlusses, wenn die Durchfuhr aller nicht zur Kategorie der Rebe gehörigen Gewächse im Postverkehr erfolgt. Es gestattet weiter, daß Tafeltrauben, die nach der Internationalen Reblaus-Konvention nur in wohlverwahrten und dennoch leicht zu durchsuchenden Schachteln, Kisten oder Körben zum Verkehr zugelassen werden, für die Durchfuhr auch in Fässern verpackt sein dürfen, wenn diese in Überfässer ohne Spund und Zapfenöffnung verpackt und sowohl die Fässer als auch die Überfässer aus starkem Holz mit fest eingesetzten Böden und fest aneinander gefügten Dauben gearbeitet sind.

Welche Maßnahmen in Frage kommen, um die Gefahr abzuwenden, die sich aus der Durchfuhr einer verseuchten Sendung ergibt, ist in dem Vorangegangenen bereits angedeutet. Die weitgehendste von ihnen stellt das völlige Verbot der Durchfuhr dar. In diesem Falle handelt es sich also gar nicht mehr um Vorkehrungen zur Sicherung einer gefahrlosen Durchfuhr. Von solchen kann man naturgemäß nur sprechen, wenn die Durchfuhr zugelassen, aber an bestimmte, eine Gefahr möglichst ausschließende Bedingungen geknüpft ist. Diese können einmal eine bestimmte Art der Verpackung vorschreiben, wie das die eben erwähnten Bestimmungen erkennen lassen. In der Regel wird man sich aber hiermit allein nicht zufrieden geben. Die Durchfuhr von Tafeltrauben durch Deutschland z. B. wird nicht nur von der besonders gesicherten Verpackung in Fässern abhängig gemacht, sondern außerdem vom Zollverschluß. Der Zollverschluß stellt die allgemein übliche Sicherungsmaßnahme für die Durchfuhr dar. Ihm kann entweder jedes einzelne Stück unterworfen werden (Kolloverschluß) oder der ganze Raum, in dem sich die durchzuführende Sendung befindet (Raumverschluß).

Nach den am 10. 8. 1935 erlassenen Vorschriften Jugoslawiens[3]) ist die Durchfuhr aller lebenden Pflanzen, Pflanzenteile und Früchte in direkten und plombierten Eisenbahnwagen oder in plombierten Packsäcken verpackt gestattet, ohne Rücksicht auf das Gesundheitszeugnis und ohne Rücksicht darauf, aus welchem Lande die Sendung kommt. In bestimmten Fällen kann auch nur der Kolloverschluß zugelassen werden, wie das beispielsweise für die erwähnte Durchfuhr von Tafeltrauben in Fässern durch Deutschland zutrifft.

Eine hinreichend gesicherte Durchfuhr kann unter Umständen nicht nur im Interesse desjenigen Landes liegen, durch das die Durchfuhr erfolgt. Vielmehr kann auf eine solche auch dasjenige Land Wert legen, das die Sendung empfängt.

Das zeigt der griechische Präsidialerlaß vom 24. 3. 1933.[4]) Nach § 3 des Artikel 1 wird die Einfuhr von Kartoffeln aus einem Lande, das nicht vom Koloradokäfer oder Kartoffelkrebs befallen ist, deren Durchfuhr jedoch durch Länder erfolgt ist, die von diesem Insekt oder diesem Pilz befallen sind, mit der Maßgabe gestattet, daß sie gut verpackt und vom amtlichen Pflanzenschutzdienst des Ursprungslandes plombiert sind.

---

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 1, 1927, 201.

[2]) Noack, M., Die Pflanzenschutzbestimmungen für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr lebender Pflanzen und frischer Pflanzenteile im Deutschen Reich. Berlin 1926, S. 98, 99.

[3]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 7, 1935, 194.

[4]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 5, 1933, 76.

## 2. Sperrung der Seuchengebiete

Bei der Sperrung der Seuchengebiete handelt es sich, wie früher erwähnt wurde, um die Verhinderung der Verschleppung eines eingeschleppten oder bereits eingebürgerten Schädlings von den ersten Seuchenherden aus in das übrige betroffene Staatsgebiet, wobei gleichzeitig Maßnahmen zu seiner Bekämpfung und Ausrottung eingeleitet werden müssen. Vorkehrungen beiderlei Art müssen nebeneinander laufen. Denn eine Verschleppung wird sich um so sicherer verhindern lassen, je schneller die Ausrottung des Schädlings gelingt bzw. je wirksamer seine Bekämpfung ist; andererseits kann der Erfolg von Bekämpfungsmaßnahmen dadurch vereitelt werden, daß bei nicht ausreichender Sicherung gegen Verschleppung des Schädlings dieser sich über das in diese Maßnahmen einbezogene Gelände hinaus bereits ausgebreitet hat.

Die erste Voraussetzung, um Vorkehrungen gegen die Verschleppung eines Schädlings im Lande treffen zu können, ist eine genaue Kenntnis der Örtlichkeiten, an denen er sich eingebürgert hat. Aus dieser Erkenntnis heraus ist, wie schon erwähnt, bereits in dem ersten Gesetz, das Deutschland im Kampf gegen die Reblaus erlassen hat, nachdem es seine Grenzen gegen die Einschleppung des Schädlings durch das wohl überhaupt älteste Pflanzenquarantänegesetz gesperrt hatte, die Bestimmung getroffen worden, daß der Reichskanzler Ermittelungen innerhalb des Weinbaugebietes der einzelnen Bundesstaaten über das Auftreten der Reblaus anstellen lassen kann. Heute sind derartige Erhebungen in der Mehrzahl der Staaten nicht mehr auf einige wenige Schädlinge beschränkt; vielmehr ist der gesamte Pflanzenbau des Landes mehr oder minder vollständig einer Überwachung auf das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen unterworfen. Diese ist zunächst meist im Rahmen eines allgemeinen Pflanzenschutzmeldedienstes ausgeübt worden, wie er z. B. in den Vereinigten Staaten von Nordamerika seit 1898 durchgeführt wird.[1]) Werden auf diese Weise durch ein hinreichend dichtes Netz von sachkundigen Stellen Beobachtungen über das Auftreten jeglicher Pflanzenkrankheiten und -schädlinge gesammelt, so lassen sich aus diesem Material ohne weiteres die für die Überwachung bestimmter Schädlinge erforderlichen ersten Unterlagen gewinnen.

Das geht z. B. sehr deutlich aus dem im Entwurf vorliegenden deutschen Reichspflanzenschutzgesetz hervor. In ihm wird den Pflanzengesundheitsämtern die Überwachung der Kulturen sowie der Vorräte von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen auf den Befall mit Krankheiten und Schädlingen übertragen, soweit sie nicht Aufgabe eines für die Überwachung der Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr besonders vorgesehenen Pflanzenbeschaudienstes ist. Diesen Gesundheitsämtern fällt ferner die regelmäßige Berichterstattung über das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen sowie die unverzügliche Meldung an die Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft zu, falls besonders gefährliche Krankheiten und Schädlinge auftreten.

Über einen derartigen Meldedienst hinaus ist vielfach heute noch ein besonderer Überwachungsdienst eingerichtet, wie es z. B. in Belgien durch die Kgl. Verordnung vom 15. 5. 1929[2]) geschehen ist. Jeglicher Überwachungsdienst kann seiner

[1]) Schwartz, M., Der Pflanzenschutzmeldedienst in den Vereinigten Staaten. Nachrichtenbl. f. d. deutsch. Pflanzenschutzdienst **9**, 1929, 28.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1929, 216.

Aufgabe nur dann gerecht werden, wenn er die Möglichkeit hat, seine Erhebungen ohne jede Behinderung durchführen zu können. Deshalb bestimmt Artikel 3 der belgischen Verordnung, daß

jeder Eigentümer oder Pächter von Grundstücken, wo unter Glas oder sonstwie Gartenpflanzen, Baumschulpflanzen oder andere von dem Minister bezeichnete Erzeugnisse gezüchtet oder angebaut werden, gehalten ist, zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang die genannten Grundstücke durch die dazu bestimmten Beamten des besonderen Überwachungsdienstes besichtigen zu lassen. Noch weiter ging das deutsche Gesetz, betreffend Maßregeln gegen die Reblauskrankheit vom 6. 3. 1875[1]), nach dessen § 2 die mit den Ermittlungen über das Auftreten der Reblaus betrauten Organe befugt sind, auch ohne Einwilligung des Verfügungsberechtigten den Zugang zu jedem mit Weinreben bepflanzten Grundstück in Anspruch zu nehmen. Während in diesen beiden Fällen der ungehinderte Zutritt nur zu bestimmten Kulturen gesichert ist, ist er in Jugoslawien durch das Gesetz vom 9. 12. 1929[2]) ohne jede räumliche Beschränkung im ganzen Lande gewährleistet. Nach § 6 haben die landwirtschaftlichen Fachorgane des Staates, versehen mit der Legitimation der zuständigen allgemeinen Verwaltungsbehörde, das Recht des Zutritts zu jedwedem Grundstück, welcher Kulturart immer, zu allen Warenlagern und Verkaufsräumen von Pflanzen, Pflanzenteilen und Sämereien, zu den Stationen für Pflanzenselektion und -produktion, um das Vorhandensein von Krankheiten oder Schädlingen festzustellen und erforderlichenfalls die Desinfektion oder die Behandlung der Pflanzen, Pflanzenteile und Sämereien, des infizierten oder verdächtigen Materials, ja sogar die Vernichtung desselben in der durch dieses Gesetz oder die betreffende Verordnung vorgesehenen Art und Weise anzuordnen. Dasselbe Recht haben die Fachorgane der staatlichen landwirtschaftlichen Versuchs- und Kontrollstationen, deren Aufgabe es ist, die Prüfung, Heilung, Desinfektion oder Vernichtung vorzunehmen. Diese Organe haben auch freien Zutritt in alle Eisenbahn- und Straßenbahnstationen im Königreich sowie in die See- und Flußhäfen mit dem Rechte, auch deren Warenmagazine, die Eisenbahnwagen und Dampfschiffe zu betreten, jedoch nur nach vorheriger Verständigung und Vermittlung des Verwaltungspersonals.

Selbst wenn aber dem Überwachungsdienst durch derartige Bestimmungen die Möglichkeit gegeben ist, seine Erhebungen ohne jede Behinderung durchführen zu können, wird er zur Verwirklichung des gekennzeichneten Zieles nicht auf die Mitarbeit der beteiligten Kreise verzichten können. Diese kann durch zweckentsprechende Aufklärung angestrebt werden, an der es ohnehin in keinem Fall fehlen darf, um das nötige Verständnis für die staatlich angeordneten Maßnahmen zu wecken. Meist wird der Staat es aber dabei allein nicht bewenden lassen dürfen, sondern darüber hinaus die Mitarbeit erzwingen müssen, indem er eine Anzeigepflicht einführt. Die Anzeigepflicht kann, wenn es sich um flächenmäßig sehr begrenzte Kulturen handelt, lediglich auf die Anmeldung dieser Flächen beschränkt werden, die dann durch die zuständigen Stellen auf Schädlingsbefall überwacht werden können.

So bestimmt § 1 einer Anordnung zur Bekämpfung des Spargelrostes im Kreise Osterburg vom 20. 6. 1935[3]), daß sämtliche ein-, zwei- und dreijährigen Spargelanlagen im Kreise zwecks Kontrolle der Ortspolizeibehörde zu melden sind.

Sobald aber ausgedehntere Kulturen auf das Auftreten bestimmter Schädlinge zu überwachen sind, ist mit einer derartigen Meldepflicht allein wenig erreicht. Vielmehr kommt es darauf an, die Verfügungsberechtigten selbst zur

---

[1]) Moritz, Maßregeln zur Bekämpfung der Reblaus und anderer Rebenschädlinge im Deutschen Reich. Berlin 1902, S. 2.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **3**, 1930, 38.

[3]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 176.

Überwachung mitheranzuziehen. Das kann wiederum in verschiedenen Formen geschehen. Einmal kann eine solche Pflicht zur Beteiligung an der Überwachung breitesten Kreisen auferlegt werden und sich auf die gesamte Pflanzenerzeugung erstrecken, wie es z. B. das Gesetz über Sicherheitsmaßnahmen gegen Krankheiten unter den Kulturpflanzen in Island vom 31. 5. 1927[1]) bestimmt.

Nach § 4 dieses Gesetzes ist jeder, der Pflanzen und Pflanzenteile besitzt oder darüber disponiert und der Grund hat zu vermuten, daß sie krank sind oder es werden können, verpflichtet, eine Anmeldung hierüber zu machen.

Sie kann auch nur für bestimmte Krankheiten und Schädlinge eingeführt werden.

Das kann entweder durch eine allgemeine Regelung erreicht werden, ein Weg, den z. B. Estland in seinem am 9. 10. 1935 erlassenen Pflanzenschutzgesetz[2]) eingeschlagen hat. Nach § 3 sind die Nutznießer von Ländereien oder Gebäuden verpflichtet, vom Auftreten von Pflanzenschädlingen, die vom Landwirtschaftsminister für gefährlich erklärt worden sind, unverzüglich Anzeige zu erstatten. Der Anzeige sind Teile der geschädigten Pflanze und der Schädlinge beizufügen, falls dies nicht mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist. Weit häufiger wird aber die Verpflichtung zur Anzeige in die für den einzelnen Schädling erlassene Verordnung gesondert aufgenommen. Aus den hier in Betracht kommenden zahlreichen Beispielen sei die englische Verordnung über den Koloradokäfer vom 23. 8. 1933[3]) herangezogen. Sie bestimmt, daß jeder, der Land in Besitz hat, in oder auf welchem der Koloradokäfer vorhanden ist, mit aller tunlichen Beschleunigung dieses Vorhandensein oder diesen Verdacht dem Ministerium schriftlich zu melden hat. Dieser Meldung ist, wenn möglich, ein Exemplar des Insekts beizufügen.

Diese beiden Verordnungen sind noch insofern bemerkenswert, als sie es nicht nur bei der Anzeigepflicht belassen, sondern gleichzeitig die Einsendung von Material für die Untersuchung verlangen. Nach den früher gemachten Ausführungen kann eine solche Bestimmung gewisse Gefahren in sich schließen, wenn nicht entsprechende Vorkehrungen getroffen werden, die der Möglichkeit einer Verschleppung auf diesem Wege vorbeugen. Dieser Forderung wird z. B. das österreichische Bundesgesetz über die Bekämpfung des Kartoffelkrebses vom 23. 11. 1927[4]) gerecht.

Nach § 3 dieses Gesetzes hat bei Verdacht des Auftretens des Kartoffelkrebses in einem der Bundesländer, für die es erlassen ist, die betreffende Landesregierung unverzüglich die Einsendung einer Probe der verdächtigen Kartoffelpflanzen oder Pflanzenteile, insbesondere der Knollen, an die Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien zwecks Untersuchung zu veranlassen. Eine solche Sendung hat derart verpackt zu sein, daß von ihrem Inhalt einschließlich der den Proben etwa anhaftenden Erde unterwegs nichts verloren werden kann.

Während die bisher angeführten Beispiele lediglich die Verpflichtung zur Anzeige von gelegentlich gemachten Beobachtungen oder Funden des vermuteten oder tatsächlich erfolgten Auftretens von Krankheiten und Schädlingen enthalten, kann auch die Mitarbeit darüber hinaus durch Heranziehung zu planmäßiger Durchsuchung erzwungen werden.

Die erwähnte Anordnung zur Bekämpfung des Spargelrostes[5]) macht es sämtlichen Spargelanbauern des Kreises Osterburg in der Zeit von Anfang Juni bis zum 23. Juni zur Pflicht,

---

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1928, 31.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 212.

[3]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **5**, 1933, 124.

[4]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1928, 36.

[5]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **7**, 1935, 176.

ihre ein-, zwei- und dreijährigen Spargelanlagen durchzugehen und nachzuforschen, ob irgendwelche Spargelpflanzen mit Roststellen *(Äzidiosporen)* behaftet sind.

Ist das Auftreten eines gefährlichen Schädlings einwandfrei festgestellt, so gilt es nunmehr, die eigentlichen Absperrmaßnahmen durchzuführen, die seine weitere Verbreitung im Lande verhindern sollen. Welcher Art diese sein können, zeigt z. B. die Verordnung der landwirtschaftlichen Gesundheitspolizei in Mexiko vom 30. 6. 1927[1]). Im Kapitel II, das sich mit den Kontrollzonen und Quarantänen innerhalb des Landes befaßt, heißt es:

Bei Auftreten gefährlicher Pflanzenkrankheiten und Schädlinge kann das Landwirtschaftsministerium für bestimmte Gebiete die Quarantäne erklären und in diesen Gebieten Kontrollzonen errichten. Die entsprechenden Verfügungen müssen enthalten:

a) genaue Festsetzung des Quarantänegebietes, der Kontrollzonen und der Quarantänedauer;

b) Erklärung der Quarantäne als eine vollständige oder als eine teilweise;

c) Benennung der Pflanzen, landwirtschaftlichen Produkte und irgendwelcher anderen Gegenstände, welche als Verbreitungsmöglichkeit der Krankheit unter die Quarantäne fallen;

d) bei teilweiser Quarantäne die Namen derjenigen Orte, an welchen die Ausrodung der Pflanzen und landwirtschaftlichen Produkte innerhalb des Quarantänegebietes angeordnet wird;

e) Bekanntgabe der Bekämpfungsmaßnahmen.

Zunächst ist eine genaue Kennzeichnung der Quarantänegebiete erforderlich, indem ihre Abgrenzung eindeutig erfolgt, wie das z. B. die englische Verordnung über den Koloradokäfer vom 23. 8. 1933[2]) ausdrücklich verlangt. In jeder Mitteilung, in der ein Stück Land als „verseuchter Platz" erklärt wird, sind die Grenzen des verseuchten Platzes anzugeben. Wesentlich ist nun die Unterscheidung zwischen „verseuchtem" und „bedrohtem Boden", die in der Verordnung des polnischen Staatspräsidenten vom 19. 11. 1927[3]) über die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten gemacht wird.

„Verseuchter Boden" ist ein Boden, auf dem Pflanzen von einer Krankheit oder einem Schädling befallen wurden. „Bedrohter Boden" ist ein Boden, der einem verseuchten Boden benachbart ist, aber auch ein Boden, in bezug auf den die begründete Annahme besteht, daß er verseucht ist. Die Verordnung zur Ausführung des Gesetzes betr. die Bekämpfung der Reblaus im Weinbaugebiet des Deutschen Reiches vom 23. 12. 1935[4]) unterscheidet einerseits zwischen Seuchenstelle und Sicherheitsgürtel, die als Reblausherd zusammengefaßt werden, andererseits zwischen verseucht, seuchenverdächtig und seuchengefährdet. Darüber hinaus sind zum Zwecke der Reblausbekämpfung die am Weinbau beteiligten Gebiete des Deutschen Reiches durch das Gesetz vom 6. 7. 1904[5]) in Weinbaubezirke eingeteilt. In Frankreich spricht man bei der Organisation und Durchführung der Bekämpfung des Kartoffelkäfers[6]) von Seuchengebieten und seuchenverdächtigen oder Schutzzonen; in letztere werden alle Kantone und Gemeinden innerhalb eines Umkreises von 20 km, vom Rande des Seuchenherdes aus gemessen, einbegriffen.

---

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **1**, 1924, 233.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **5**, 1933, 125.

[3]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1928, 72.

[4]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **8**, 1936, 4.

[5]) Reichsgesetzblatt 1904, 261.

[6]) Schwartz, M., Die Organisation und Durchführung der Bekämpfung des Kartoffelkäfers in Frankreich. Nachrichtenbl. f. d. deutsch. Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 9.

Alle diese Unterscheidungen suchen der Tatsache gerecht zu werden, daß die Gefahr der Verschleppung eines Schädlings mit wachsender Entfernung vom Seuchenherd abnimmt. Das kommt auch sehr deutlich in den schwedischen Bestimmungen über die Bekämpfung von Nematoden an Kartoffeln vom 17. 6. 1932[1]) zum Ausdruck, nach denen die Provinzialverwaltung ein Gebiet von der mit Rücksicht auf die Umstände als erforderlich befundenen Größe für nematodenbefallen zu erklären hat. Dementsprechend sind auch die gegen die weitere Ausbreitung zu treffenden Vorkehrungen ganz verschiedene. Die Verkehrsbeschränkungen werden in der Regel um so einschneidender sein müssen, je näher das ihnen zu unterwerfende Gebiet dem Seuchenherd liegt, während Bekämpfungsmaßnahmen im allgemeinen nur für das verseuchte Gebiet angeordnet werden.

In besonders gefährlichen Fällen kann das Betreten eines verseuchten Platzes untersagt werden.

Nach der schon wiederholt angeführten englischen Verordnung über den Koloradokäfer darf niemand anders als der Inhaber eines Stückes Land, das ein „verseuchter Platz" ist oder zu einem solchen gehört, oder seine Dienstleute oder Vertreter den verseuchten Platz ohne Genehmigung eines Inspektors betreten; der Inhaber eines solchen Stückes Land hat alle angemessenen Schritte zu tun, um den Zutritt von Unbefugten zu verhindern. Noch weiter geht die erwähnte Verordnung zur Bekämpfung der Reblaus in Deutschland; sie bestimmt, daß jeder Reblausherd einzuzäunen, sein Betreten zu verbieten und das Verbot des Betretens durch Warnungstafeln kenntlich zu machen ist. Andererseits kann der Oberleiter der Reblausbekämpfungsarbeiten, wenn es sich nicht um Blattverseuchungen handelt, Ausnahmen von dem Verbot des Betretens unter den Bedingungen einer vollständigen Reinigung der Kleidung und einer genügenden Entseuchung des Schuhwerkes und der Gerätschaften zulassen.

Daß von verseuchten Plätzen, deren Betreten verboten bzw. nur bestimmten Personen gestattet ist, nichts fortgeschafft werden darf, erscheint naheliegend. In beiden Verordnungen wird noch ausdrücklich darauf hingewiesen.

Die englische Verordnung bestimmt, daß niemand ohne Genehmigung eines Inspektors Kartoffelpflanzen, -stengel oder -knollen oder Tomatenpflanzen oder Tomaten von einem verseuchten Platz wegschaffen oder ihre Wegschaffung veranlassen oder erlauben darf, und daß der Inhaber jedes Stückes Land innerhalb eines verseuchten Platzes alle angemessenen Schritte zu tun hat, um eine Wegschaffung zu verhindern. Nach der Verordnung für die Bekämpfung der Reblaus in Deutschland dürfen aus Reblausherden Reben und Rebteile, andere Pflanzen oder Pflanzenteile, Rebbänder, Dünger, Kompost und Bodenbestandteile nicht entfernt werden. Dagegen darf die Entfernung von Weinbaugeräten und Rebpfählen unter der Bedingung einer genügenden Entseuchung gestattet werden.

Kann auf ein Verbot, den verseuchten Platz zu betreten, verzichtet werden, wie es in der Mehrzahl der Fälle zutrifft, so bilden Beschränkungen der eben geschilderten Art den wesentlichsten Inhalt der meisten Absperrvorschriften im engeren Sinne. Auch dann kann es untersagt werden, irgend etwas von dem verseuchten Platz zu entfernen.

Nach § 2 der dänischen Bekanntmachung über die Bekämpfung des Kartoffelnematoden vom 5. 11. 1931[2]) ist es verboten, aus den verseuchten Gärten Pflanzen oder Pflanzenteile mit anhaftender Erde fortzuschaffen, desgleichen Obstbäume, andere Bäume, Büsche, Stauden,

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 5, 1933, 190.

[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen 4, 1932, 94.

Wurzel-, Zwiebel- oder Knollengemüse, ebenso Gewächse zum Umpflanzen und Topfgewächse usw. Ferner ist es verboten, Abfälle und Kompost sowie auch Dünger wegzuschaffen.

Häufig wird aber auch auf ein solches allgemeines Verbot, irgend etwas von verseuchten Flächen zu entfernen, verzichtet und lediglich die auf diesen gemachte Ernte gewissen Beschränkungen unterworfen.

Nach der preußischen Polizeiverordnung zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses vom 27. 8. 1924[1]) dürfen auf einem verseuchten Feld geerntete Kartoffeln nicht als Pflanzkartoffeln verwendet und nur in gekochtem oder gedämpftem Zustand verfüttert werden. Ganz ähnlich ist nach der thüringischen Verordnung zur Bekämpfung des Kartoffelnematoden vom 22. 9. 1930[2]) mit Kartoffeln zu verfahren, die auf nematodenverseuchten oder -gefährdeten Grundstücken geerntet sind.

Wird wie im letzteren Falle die Ernte von verseuchten und gefährdeten Flächen den gleichen Verwendungsbeschränkungen unterworfen, so wird das meist auch für alle weiteren Beschränkungen zutreffen.

Nach der erwähnten Verordnung zur Bekämpfung der Reblaus in Deutschland ist für verseuchte Gemeinden im Weinbaugebiet die Ausfuhr von Reben, Rebteilen, natürlichem Dünger, Kompost und Bodenbestandteilen verboten. Die thüringische Verordnung verbietet die Ausfuhr von Kartoffeln aus Gemeinden, in denen der Kartoffelnematode festgestellt ist. Frankreich hat die Versendung oder das Herausbringen von Kartoffeln oder anderen Pflanzen, die vom Kartoffelkäfer befallen werden, aus den Seuchengebieten und den Schutzzonen verboten.

Es kann aber auch ein Unterschied zwischen den Beschränkungen gemacht werden, denen verseuchte und nichtverseuchte Flächen unterworfen werden, auch wenn diese zu einem Befallsbezirk in dem oben angedeuteten Sinne zusammengefaßt werden.

Nach der Verordnung des polnischen Landwirtschaftsministers über die Bekämpfung des Kartoffelkrebses vom 9. 2. 1928[3]) können in Einzelfällen aus Befallsgebieten Kartoffeln, die aus nichtverseuchten oder bedrohten Grundstücken stammen, unter bestimmten Voraussetzungen herausgebracht werden.

Andererseits können die in dieser Verordnung angedeuteten Ausnahmemöglichkeiten auch für verseuchte und nichtverseuchte Flächen in gleicher Weise zugelassen werden.

Nach § 6 der schwedischen Bestimmungen über die Bekämpfung von Nematoden an Kartoffeln vom 17. 6. 1932[4]) dürfen andere Wurzelfrüchte als Kartoffeln sowie Lauch u. dgl., die auf einem für nematodenbefallen erklärten Gebiet geerntet worden sind, aus dem Gebiet ausgeführt werden, wenn sie vorher durch Abwaschen in Wasser von anhaftender Erde befreit worden sind, wobei darauf zu achten ist, daß das Wasser nicht auf bebauter oder anbaufähiger Erde oder auf Kompost außerhalb des Gebietes ausgegossen wird.

Schließlich kann auch der Versand von Pflanzen und Pflanzenteilen ganz allgemein ohne Rücksicht auf bestimmte Seuchenherde untersagt bzw. von bestimmten Voraussetzungen abhängig gemacht werden.

Nach dem deutschen Gesetz betr. die Bekämpfung der Reblaus vom 6. 7. 1904[5]) ist es verboten, bewurzelte Reben oder Blindreben über die Grenzen eines Weinbaubezirks zu ver-

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **1**, 1924, 9.
[2]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **3**, 1931, 78.
[3]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1928, 77.
[4]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **5**, 1933, 19.
[5]) Reichsgesetzblatt 1904, 261.

senden, ein- oder auszuführen. Ausnahmen können für Blindreben und im Verkehr zwischen benachbarten Weinbaubezirken zugunsten einer Person, welche in beiden Bezirken Rebpflanzungen besitzt, auch für Wurzelreben zugelassen werden. Nach Artikel 5 des italienischen Gesetzes über den Schutz der Kulturpflanzen gegen Krankheiten und Feinde vom 3. 1. 1929[1]) dürfen Pflanzen, Pflanzenteile und Samen, die als Saatgut bestimmt sind, im Bereich des Königreiches nur versandt werden, wenn sie aus Pflanzschulen, Gärtnereibetrieben, Anlagen für Auslese und Zubereitung von Saatgut oder Pflanzen- und Samenhandlungen stammen, denen eine besondere Genehmigung erteilt ist.

Die Verhütung der Verschleppung von Schädlingen aus verseuchten Gebieten in noch nicht verseuchte kann also durch Vorschriften der verschiedensten Art angestrebt werden. Welche Form im einzelnen Fall zu wählen ist, muß sich nach den Besonderheiten des Schädlings und den durch diese bedingten Möglichkeiten seiner Verschleppung richten, es sei denn, daß allgemeine Versandverbote oder -beschränkungen der erwähnten Art erlassen werden. Die überragende Bedeutung biologischer Gesichtspunkte für die Einführung von Quarantänevorschriften wird hier demnach erneut offenbar.

Versandbeschränkungen allein reichen aber, wie betont worden ist, nicht aus. Vielmehr müssen gleichzeitig Anordnungen erlassen werden, die eine nachdrückliche Bekämpfung des Schädlings mit dem Ziele seiner Ausrottung gewährleisten. Letztere wird freilich in vielen Fällen sich als unmöglich erweisen, so daß man sich damit begnügen müssen wird, durch entsprechende Maßnahmen die Verseuchung auf dem geringsten zu erreichenden Grad zu halten. Wie das im einzelnen zu geschehen hat, ob durch Entseuchungsmaßnahmen, durch Anbauverbote oder -beschränkungen in Form einer vorgeschriebenen Fruchtfolge oder durch andere Vorkehrungen, ist an anderen Stellen dieses Handbuchs ausführlich erörtert.

(Abgeschlossen Februar 1936.)

# II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge

## A. Physikalische Bekämpfungsmaßnahmen

Von Oberregierungsrat Dr. Walther Trappmann, Berlin-Dahlem

Auch für den Pflanzenarzt ist die Hygiene die Grundlage und die Voraussetzung für die Gesunderhaltung seiner Pfleglinge. Trotzdem muß er technische Bekämpfungsmaßnahmen durchführen oder zu chemischen Bekämpfungsmitteln greifen, weil auch bei noch so gewissenhafter Beachtung aller hygienischen Vorschriften doch Schädlings- oder Krankheitsbefall eintreten kann und weil Unwissenheit oder Gleichgültigkeit des Praktikers, oft aber auch unabänderliche örtliche Verhältnisse das Auftreten von Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlingen begünstigen und veranlassen.

Zwei Arten der technischen Bekämpfung kann man unterscheiden, eine die sich physikalischer Methoden bedient, und eine zweite, die die Verwendung chemisch wirkender Mittel zur Bekämpfung vorsieht. Während die Anwendung

---

[1]) Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1929, 176.

der chemischen Mittel meist auf eine Vernichtung (Vergiftung) der Tiere abzielt, haben die physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen teils prophylaktischen, teils therapeutischen Charakter. Vereinzelt können auch beide Arten in einem Bekämpfungsverfahren kombiniert werden (z. B. Fangvorrichtungen und Giftköder).

Bei der physikalisch-technischen Bekämpfung werden oft Verfahren angewendet und Maßnahmen durchgeführt, die auch als „Kulturmaßnahmen" beim Anbau unserer Nutzpflanzen Anwendung finden. Die Abgrenzung, wann diese Maßnahmen als „Kulturmaßnahmen" und wann als „Bekämpfungsmaßnahmen" anzusehen sind, ist oft nicht leicht zu ziehen, und es werden viele dieser Maßnahmen daher in diesem Handbuch sowohl hier wie dort Erwähnung finden müssen. Allgemein kann gesagt werden: Eine Maßnahme ist „Kulturmaßnahme", solange sie zur Kultur der Pflanze notwendig ist, um ihr die günstigsten Lebensbedingungen zu verschaffen, unter denen sie einem Schädlings- und Krankheitsbefall am besten widerstehen kann. Mit Bezug auf den Krankheitsbefall sind Kulturmaßnahmen also immer nur vorbeugend. Eine Maßnahme ist jedoch „Bekämpfungsmaßnahme", wenn sie zur Kultur der Pflanze nicht unbedingt erforderlich ist, sondern außerhalb der eigentlichen Kulturarbeiten in Erwartung des Schädlings durchgeführt oder zur Vernichtung des bereits aufgetretenen Schädlings erforderlich wird. Pflügen, Walzen, Wässern, Düngen sind im Rahmen des Pflanzenbaues Kulturmaßnahmen, sie werden aber zu Bekämpfungsmaßnahmen, wenn es z. B. gilt, durch Pflügen Bodenschädlinge zu vernichten, durch Walzen *Tipula*-Larven zu zerdrücken, durch Überfluten und längeres Unterwassersetzen Reblausherde zu ersticken oder durch starke, für die Kultur an sich unnötige, oft viel zu kräftige Kaligaben den Drahtwurm in die Tiefe zu treiben und damit von den Pflanzen fernzuhalten. Wie schwierig die Trennung ist, zeigt folgende Überlegung: die zu einer für das Wachstum einer Pflanze günstigsten Zeit durchgeführte Aussaat ist eine Kulturmaßnahme; wird mit Rücksicht auf einen Schädling (z. B. Rübenblattwanze) diese günstigste Aussaatzeit „geopfert" und die Aussaat auf einen für die Pflanze bereits sehr ungünstigen Zeitpunkt verschoben, so erhält diese Regelung schon mehr den Charakter einer vorbeugenden Bekämpfungsmaßnahme. Daß diese Trennung immer nur willkürlich ist und sich stets darnach richtet, ob man die Frage vom Standpunkt der Pflanze oder des Schädlings betrachtet, ist selbstverständlich, denn jede für das Gedeihen (die „Kultur") einer Pflanze erforderliche Bekämpfungsmaßnahme kann letzten Endes als „Kulturmaßnahme" angesehen werden, wie auch jede auf Gesunderhaltung einer Pflanze und damit zur Abwehr gegen Schädlinge gerichtete Kulturmaßnahme schon als vorbeugende „Bekämpfungsmaßnahme" angesehen werden kann.

Auch zwischen den physikalischen Maßnahmen und der Verwendung der chemischen Mittel ist ein grundsätzlicher Unterschied nicht immer möglich, rechnen wir doch schon bestimmte (z. B. erstickende oder Wasser entziehende) Stoffe, bei denen rein physikalische Vorgänge den Tod der Tiere herbeiführen, zu den chemischen Mitteln, nur weil sie in ihrer Anwendungsweise diesen gleichen.

Wenn in den folgenden Abschnitten eine Zusammenstellung dieser physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen gegeben wird, so kann diese, an Beispielen gezeigt, nur eine Übersicht über die Art solcher Bekämpfungsmaßnahmen gewähren, die — auch hinsichtlich der Literaturzitierung — keinen Anspruch auf irgendwelche Vollständigkeit erheben kann.

Eine erste, große Zusammenstellung der Bekämpfungsmaßnahmen unter Anführen einer Fülle von Einzelheiten und Literatur bringt Hollrung[1]), auf den ich besonders verweisen möchte. Auch in späteren Zusammenstellungen und größeren Abhandlungen haben die technischen Bekämpfungsmaßnahmen und physikalischen und chemischen Bekämpfungsmittel zum Teil eingehende Beachtung gefunden. Da eine Zitierung dieser Zusammenstellungen

[1]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923.

in jedem Falle nicht möglich ist, sei hier allgemein auf diese zusammenfassenden Darstellungen hingewiesen.[1])

Für die folgende Zusammenstellung der einzelnen physikalisch-technischen Bekämpfungsmaßnahmen liegt nachstehende Gruppeneinteilung zugrunde:

a) Mechanische Druckmaßnahmen
b) Maßnahmen der Fernhaltung
  1. Fernhaltung durch Gitter als Schranken
  2. Fernhaltung durch Leimflächen als Schranken
  3. Fernhaltung durch Anbringen sonstiger Hindernisse
  4. Fernhaltung durch Abschreckung
  5. Fernhaltung von Witterungsschäden
c) Fangmaßnahmen durch Einsammeln
d) Fangmaßnahmen durch Anlockung
  1. Ausnutzung des Schutzbedürfnisses
  2. Ausnutzung des Wandertriebes
  3. Ausnutzung des Lichttriebes
  4. Ausnutzung des Bruttriebes
  5. Ausnutzung des Nahrungstriebes
e) Anwendung von Wärme und Kälte
f) Anwendung von Elektrizität und Strahlen

## a) Mechanische Druckmaßnahmen

Die einfachsten physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen beruhen auf Druckwirkung. Schädlinge mit den Fingern zu zerdrücken oder mit dem Fuß zu zertreten, dürfte die älteste und primitivste Bekämpfungsart darstellen. Sie wird heute noch zur Vernichtung von Blattläusen, Blutlauskolonien, Eigelegen und Raupen oder sonstigen leicht ablesbaren Schädlingen ausgeübt. Wenn sie auch oft nur für den Kleingarten oder für Einzelpflanzen (Gewächs- und Zimmerpflanzen) in Frage kommt, so kann sie doch — billige Arbeitskräfte vorausgesetzt — selbst in Feldkulturen von Bedeutung sein. So werden Heuschreckenschwärme (Hüpfer) von Eingeborenen im Spiral- oder Kesseltreiben zusammengetrieben und mit Sträuchern oder Reisig erschlagen oder mit den Füßen zertreten. Eine Bekämpfung des Kohlweißlings z. B. läßt sich einfacher durchführen, wenn die Eigelege des Falters von Schulkindern oder sonstigen billigen Arbeitskräften aufgesucht und zerdrückt werden, als wenn später die über die Kohlpflanzen verteilten Raupen abgelesen oder mit chemischen Mitteln an den schwer benetzbaren Pflanzen bekämpft werden müssen. Baumschulen werden von einzeln auftretenden Blutlausherden freigehalten, wenn die Baumschularbeiter von Zeit zu Zeit die Bestände durchsehen und mit eingefettetem Daumen jede gefundene Kolonie zerdrücken. Auf Druckwirkung beruht auch das Abbürsten und Abkratzen von Obstbäumen, Rebstöcken usw. zur Entfernung von Moosen und Flechten und zur Abtötung der dort lebenden oder überwinternden Schädlinge

---

[1]) Bourcart, E., Les Maladies des Plantes. Paris 1910. Engl. Übersetzung: Insecticides, fungicides and weedkillers. London 1913; Wardle, A., and Buckle, Ph., The principles of insect control. Manchester 1923; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung, Grundlagen und Methoden im Pflanzenschutz. Hirzel, Leipzig 1927; Martin, H., The scientific principles of plant protection. London 1928; Friedrichs, K., Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie. Berlin 1930.

(Schildläuse, Eier von Spinnmilben, Raupen, Puppen und Imagines). Es ist versucht worden, zur Abtötung solcher Schädlinge an Obstbäumen auch Sandstrahlgebläse zu verwenden, doch muß man hier Friedrichs[1]) beipflichten, wenn er meint, daß jede Mechanisierung solcher Druckmaßnahmen zu leicht einem Spatzenschießen mit Kanonen gleichkommt.

Zu den Druckmaßnahmen gehört ferner die Verwendung von Walzen, Ruteneggen (sparriges, zwischen zwei Querbalken gehaltenes und mit einer Egge belastetes Astwerk) oder nach Art der Straßenkehrmaschinen fahrbare Insektenbürsten (nach Hollrung in Ungarn zu zehn Bürsten in einem Verbande nach Art gleichzeitig arbeitender Drillmaschinen gegen Heuschrecken benutzt), die, auf festem Untergrund (Weideland, Steppen) angewandt, zur Vernichtung von Erdraupen, *Tipula*-Larven, Heuschreckenlarven usw. dienen sollen. Eine eigenartige, auf Druckwirkung beruhende Einstichmaschine wird in Holland zur *Tipula*-Bekämpfung verwandt, andere Einstichmaschinen dienen zur Vernichtung von Wühlmaus und Maulwurf (vgl. Fallen). Der Eintrieb von Schafen und Rindern kommt dem Walzen gleich, da die starken Klauenränder der Tiere die Schädlinge zerquetschen. Auch in Deutschland ist der Schafeintrieb zur Bekämpfung der *Tipula* oft empfohlen worden, es hat sich aber gezeigt, daß das Verfahren, wie auch das Walzen, wegen des starken Druckwiderstandes der *Tipula*-Larven, besonders auf weichem, elastischem Boden, oft keinen durchgreifenden Erfolg hat. Trotzdem hat sich in Anatolien das Eintreiben von Viehherden zur Bekämpfung von Heuschreckenschwärmen als billiges, von Tageszeit und Witterung unabhängiges Bekämpfungsmittel bewährt. — Zur Bekämpfung des Maiszünßlers läßt man die Maisstengel zwischen zwei Walzen durchlaufen, die die in den Stengeln befindlichen Raupen zerquetschen.

Ein Zerdrücken findet endlich auch statt, wenn mit Hilfe spitzer, oft noch mit Widerhaken versehener Drähte in Bohrgängen sitzende lebende größere Insektenlarven getötet werden. Die Methode findet in Deutschland zur Bekämpfung der Raupen des Weidenbohrers *(Cossus cossus L.)* oder des Blausiebs *(Zeuzera pyrina L.)*, in den Tropen zur Vernichtung der in den Kronen der Palmen eingebohrten Nashornkäferengerlinge[2]) Anwendung. Bis zur Entdeckung des Paradichlorbenzols als Bekämpfungsmittel war das sog. ,,Worming"-Verfahren[3]), d. h. das Auskratzen und Abtöten der in Bäumen minierenden Raupen mit einem Messer oder spitzen Draht — trotz seiner Mühseligkeit — das beste und allgemein angewandte Mittel, um Obstbäume von Raupen des Pfirsichbohrers frei zu halten.

In Gewächshauskulturen und auch im Freiland wird als Druckmaßnahme häufig das Abspritzen von Blattläusen oder von Raupen mit scharfem Wasserstrahl geübt und empfohlen[4]); an einzeln stehenden Pflanzen oder an Topf-

---

[1]) Friedrichs, K., s. S. 285 [1]).

[2]) Friedrichs, K., Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der Kokospalmen. Monographien zur angew. Entomol. Nr. 4, 1919, 36.

[3]) Peterson, A., Paradichlorbenzene for controlling the Peach-Tree borer. New Jersey Agric. Stat. Circ. **156**, 1923.

[4]) Weigel, C. A., and Sasscer, E. R., Insect injurious to ornamental greenhouse plants. U. S. Dept. Agric., Farmers' Bull. **1363**; Daniel, E. J., Mealy-bugs on house-plants. The Quarterly Bull. Agric. Exper. Stat. Michigan **6**, 1923, 69—71.

pflanzen läßt sich dadurch eine Reinigung erreichen, bei dichten Beständen (z. B. mit Blutlaus verseuchten, dicht stehenden Apfelquartieren) kann das Abspritzen häufig eher zu einer künstlichen Ausbreitung als zu einer Beseitigung des Schädlingsbefalles führen.

Zu den Druckmaßnahmen gehören endlich noch Sprengung und Abschuß. Zwar dient das Romperit-Sprengverfahren mehr zur Bodenlockerung und zur Entfernung von Baumstubben als zur Bekämpfung von Bodenschädlingen, doch finden Sprengladungen, oft zusammengekoppelt mit Schwefelkohlenstoff enthaltenden Behältern, zur Vernichtung von Hamster- und Termitenbauten Verwendung. Der Abschuß ist zur Bekämpfung der Spatzen, Krähen und sonstigen Schaden anrichtenden Vögeln das beste Abwehrmittel. Zum Abschuß ist in Deutschland berechtigt bei jagdbaren Tieren[1]) nur der Jagdberechtigte, bei nichtjagdbaren Tieren oder geschützten Tieren derjenige, der die polizeiliche Erlaubnis zum Führen einer Schußwaffe besitzt; der Abschuß ist in diesem Falle auch nur auf eigenem Boden möglich.

Der Abschuß kann auch automatisch durch Verwendung geeigneter Selbstschußapparate ausgelöst werden, wie man sie in den Kolonien zur Vernichtung von Raubwild aller Art, in Deutschland gegen kleines Raubzeug, insbesondere aber gegen Wühlmäuse und Maulwürfe verwendet. Die Apparate werden gegen Wühlmäuse in die befahrenen geöffneten Gänge nach beiden Richtungen eingesetzt, so daß sie sich, wenn die Wühlmaus vorstößt, mit Hilfe der Selbstauslösevorrichtung entladen und die Wühlmaus sofort töten. — Als Druckmaßnahmen wirken auch viele der später angeführten Fallen.

Ein eigenartiges, mechanisch auf die Darmwände einwirkendes Verfahren ist das Verfüttern von gestoßenem Glas in Lockspeisen an Nagetiere. Vorbedingung ist, daß der Köder breiig ist und die Glassplitter nicht zu groß (sonst keine Aufnahme) und nicht zu klein (sonst keine Schädigung) sind. Nach Versuchen von R. Schander und G. Götze[2]) verursachte ein Kartoffelbrei, der mit 5—10% Glasgritt versetzt war, an Ratten schwere Darmentzündungen, an denen die Tiere im Verlauf von drei Tagen bis mehreren Wochen eingingen. Ein nach dem gleichen Prinzip wirkendes, in seiner Wirkungsweise noch furchtbareres Verfahren ist die Verwendung einer patentamtlich geschützten Nadel[3]) zur Vernichtung von Ratten: eine aus Federdraht bestehende Nadel ist in gespanntem Zustand in eine wasserlösliche Kapsel eingeschlossen und wird mit Köder ausgelegt. Nach Aufnahme durch die Tiere löst sich die Kapsel im Magensaft auf, der Federdraht schnellt auseinander und die spitzen Enden der Nadel dringen in Magen- und Darmwände ein und verursachen innere Verletzungen, an denen die Tiere unter Qualen langsam verenden.

---

[1]) Die Frage der Verhütung von Wildschäden auf Grund des Reichsjagdgesetzes vom 3. Juli 1934 behandelt G. Fichtner, s. 288 [1]).

[2]) Schander, R., und Götze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Zbl. f. Bakt. II. Abtlg., **81**, 260—284, 335—367, 481—501.

[3]) Deutsches Reichspatent 549 771 vom 15. Oktober 1930 (erteilt am 14. April 1932).

### b) Maßnahmen der Fernhaltung

Die zweite Gruppe der physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen erstrebt die Fernhaltung der Schädlinge von den Kulturpflanzen oder ihren Erzeugnissen. Die Fernhaltung kann man durch Verwendung von Schranken verschiedenster Art oder von Vorrichtungen, die auf eine Abschreckung der Schädlinge hinzielen, erreichen.

#### 1. Fernhaltung durch Gitter als Schranken.

Durch Zäune, Mauern, dichte Einfriedigungen (Hecken) oder Schutzgitter werden Pflanzungen oder auch Einzelpflanzen (Obstbäume) vor Weidevieh oder Wild[1]) geschützt. Je nach Art des abzuhaltenden Tieres ist Art und Anbringung der Gitter verschieden.

Drahtgeflechtzäune, die gegen Rehe und wilde Kaninchen sichern sollen, müssen nach Forderung der sächsischen Fachkammer für Gartenbau[2]) 1,30 m hoch über der Erde und 20 cm tief in die Erde angelegt sein und eine Maschenweite oben von 60 mm, unten von 40 mm zeigen; gegen Rehe allein soll ein Drahtgeflechtzaun von 1,50 m Höhe oder 1,30 m Höhe und zwei Stacheldrähte in je 15 cm Entfernung darüber ausreichend sein. — Unterirdisch wühlende Nagetiere können durch eingegrabene Drahtgitter oder Zinkblecheinfriedigungen abgehalten werden. So soll ein gegen Wühlmäuse[3]) geeignetes engmaschiges Drahtgeflecht 60—80 cm tief in den Boden und 30 cm hoch über die Erdoberfläche reichen. Nach Müller-Böhme[4]) soll allerdings massives Zinkblech von der Wühlmaus durchnagt und selbst meterhoher Maschendraht ohne Schwierigkeit überklettert und auch unterwühlt werden, wenn er nicht mindestens 70 cm tief eingegraben ist. Besonders wertvolles Spalier- und Zwergobst kann man jedoch nach Sachtleben[5]) vor der Wühlmaus schützen, indem Drahtgitter von etwa 15 mm Maschenweite in Form eines Kegels jedem Einzelbaum um die Wurzel gelegt und durch eine ebenfalls aus Drahtgitter bestehende Scheibe nach unten abgeschlossen und oben so um den Stamm gelegt werden, daß an keiner Stelle ein Eindringen der Mäuse möglich ist. Wenn die Kosten eines solchen Gitters auch hoch sind und durch seine Anbringung das Behacken der Baumscheiben erschwert wird, so bietet eine solche Drahtumhüllung doch nach Sachtleben und Müller-Böhme einen unbedingten Schutz vor der Wühlmaus.

Getreidemieten und -schober schützte R. Pensa[6]) gegen Ratten und Mäuse durch Umziehen mit einem engmaschigen Draht, dessen oberen Rand er in etwa 0,5 m Breite nach außen umlegte, so daß die Ratten nicht hinüberklettern konnten; da der Draht fünf Jahre hielt, war das Verfahren sehr billig.

---

[1]) Bergknecht, F., Schutz gegen Wildverbiß II. Wirtschaftl. Aufstellung von Gattern. Forstarchiv H. **23**, 1928, 444—449; Fichtner, G., Wildkaninchen und Hase als Schädlinge der Nutzpflanzen. Die kranke Pflanze **13**, 1936, 23—29, 43—48, 69—75, 92—98.

[2]) Gartenbau und Gartenrecht. Schutz gegen Wildschaden. Sächs. Gärtnerblatt **11**, 1931, 4.

[3]) Baunacke, Was tun wir gegen die Wühlratte? Ztschr. f. Obst-, Wein- und Gartenbau **60**, 1934, 53.

[4]) Müller-Böhme, H., Die große Wühlmaus. Flugblatt 98 der Biologischen Reichsanstalt (3. Aufl. 1936).

[5]) Sachtleben, H., Die Bekämpfung der Wühlmaus. Flugblatt 98 der Biol. Reichsanstalt (2. Aufl. 1933).

[6]) Pensa, R., Une protection des meules contre les rongeurs. Journal d'Agriculture practique **96**, 1931, 354—355.

Als „Fliegengaze" ist nach W. von Schuckmann[1]) in Deutschland ein Drahtgewebe Nr. 16 mit einer Maschenweite von 1,25 mm im Handel; als ausreichend erachtet er das in USA. gebräuchliche Drahtgewebe Nr. 12 mit 1,75 mm Maschenweite. — Zum Schützen wertvoller Feldparzellen (z. B. Getreide-Versuchsparzellen) gegen Sperlinge und Grünfinken verwendet die Biologische Reichsanstalt seit Jahren Fischernetze (Abb. 8); Vorbedingung sind dichtes Überspannen und unversehrte Netze. — Besonders wertvolle Früchte und Fruchtstände werden einzeln in Gaze- oder Papierbeutel (Traubensäcken) eingebunden und so vor Vögeln und Wespen geschützt.



Abb. 8. Durch Fischernetze gegen Vogelfraß gesicherte Versuchsparzellen (B. R. A.).

Pikierkästen und Keimschalen schützt man vor der Eiablage von Sciariden durch Überschichten der Erde mit einer dünnen Schicht Sand.[2]) Auch das Hochkommen von Unkräutern[3]) hat man durch Abdecken des Bodens mit zähem Holzpapier oder einer gespritzten, bald festwerdenden Zellstoffmasse zu verhindern versucht. Gegen wildernde Katzen hat man Vogelbrut und Singvögel durch lockere Drahtgeflechte vor den Nistkästen oder durch Anbringen von Vogelschutzgürteln[4]) an den Bäumen geschützt.

## 2. Fernhaltung durch Leimflächen als Schranken.

Am bekanntesten ist für diese Art der Fernhaltung der Leimring[5]) (Abb. 9). Zu seiner Herstellung wird Raupenleim, eine aus Harzen, Ölen, Wachs, Fett-

---

[1]) Schuckmann, W. v., Zur Fliegen- und Mückenbekämpfung. Zweite Prüfung von Drahtgeweben verschiedener Maschenweite auf ihre Brauchbarkeit als Fliegengaze. Ztschr. f. angew. Entomologie **12**, 1927, 332—339.

[2]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugblatt der Biologischen Reichsanstalt Nr. 104—108. 2. Aufl. 1933.

[3]) Streich, A., Unkrautbekämpfung und Pflanzenwuchs unter Papier oder gespritzter Zellstoffhaut. Fortschritte der Landwirtschaft 1931, 7. Heft, 246.

[4]) Kaven, G., Vogelschutz im Ostermond. Die kranke Pflanze **12**, 1935, 64.

[5]) Lüstner, G., Zur Geschichte der Kleb- und Fanggürtel und Ergebnisse der Prüfung von Pflanzenleimen. Festschr. zum 50jähr. Jubil. der Höh. Staatl. Lehranst. für Wein-,

rückständen und Teerabfällen hergestellte Klebmasse verwendet (chemische Zusammensetzung und Eigenschaften siehe S. 527 u. 529).

Im Forst, wo die erste Leimung gegen Nonne schon im Jahre 1829 durchgeführt wurde, wird der Raupenleim direkt auf die gereinigten und geglätteten Stämme, im Obstbau auf eine besondere, wasser- und fettundurchlässige, den Stamm und den Stützpfahl (Abb. 9) umschließende Papierunterlage ringförmig aufgetragen. Man bedient sich dabei einfacher Spatel, im Forst bei Massenleimungen oft besonderer Aufstrichapparate, der Leimquetsche oder des Leimschlauches, die mit Raupenleim gefüllt werden und ein Blechmundstück besitzen, aus dem durch Druck der Leim in Bandform herausgepreßt wird.[1]) Gebrauchsfertige Leimringe, bei denen die mit Raupenleim bestrichene Papierunterlage nur abgerollt bzw. auseinandergefaltet und um den Baum gelegt zu werden braucht, sind in der Handhabung einfach, doch kommen sie wegen ihres höheren Preises meist nur für kleinen Verbrauch im Obstgarten in Frage. Im Obstbau werden harzhaltige, sog. „helle" Raupenleime in 8—10 cm breiter und 2—5 mm dicker Schicht meist in Brusthöhe aufgestrichen; im Forst, wo aus Gründen der Billigkeit nur die teerhaltigen, sog. „schwarzen" Raupenleime gebraucht werden, erfolgt die Leimung in 3—3,5 cm Breite und 2—5 mm Dicke und in Brusthöhe als Tiefleimung oder auch 5—8 m hoch als „Hochleimung".[2]) Anwendung findet der Leimring gegen die flügellosen Frostspannerweibchen, um sie bei ihrer Wanderung an den Stämmen aufwärts aufzuhalten und so ihre Eiablage in den Kronen zu verhindern; sodann gegen Raupen, die im Herbst die Bäume verlassen, in den Streudecken überwintern und im Frühjahr wieder aufbäumen, d. h. den Kronen zustreben (Kiefernspinner); endlich auch gegen Raupen, die durch freiwilliges Abspinnen oder unfreiwillig durch den Wind oder durch künstliches Erschüttern und Abklopfen (Anprellen) der Bäume auf den Boden gelangt sind und dann wieder aufbäumen (Nonnen-, Forleulen-, Goldafter-, Schwammspinnerraupen usw.).[3]) Gegen Frostspanner und Kiefernspinner ist der Leimring als wichtigste Maßnahme allgemein anerkannt. Baunacke[4]) fing z. B. an einem einzigen Leimring innerhalb 6 Stunden 143 Frostspannerweibchen, die unter günstigen Bedingungen über 50 000 Raupen ergeben hätten.



Abb. 9. Leimringe an Pflaumenbaum und Stützpfahl. Nach H. Thiem.

Löschnig[5]) konnte an 4 Leimringen 502 männliche und 308 weibliche Frostspannerfalter zählen, von denen die letzteren insgesamt rund 120 000 Räupchen hinterlassen hätten. Den Leimring findet man daher in Obstgärten oft regelmäßig jährlich als vorbeugende Maßnahme angewendet. Auch Hopfenpflanzen konnte Hampp[6]) durch Anlegen von Leimringen gegen Erdflöhe schützen, wobei er mit 7,5 kg Raupenleim 27 000 Stöcke behandeln konnte.

---

Obst- u. Gartenbau, Geisenheim, 1922. S. 455—471. Prell, H., Die Wirkungsweise von Leimringen. Grundsätzliches über den Ausbau des Raupenleimverfahrens und die Methodik der Schutzleimprüfung. Tharander Forstl. Jahrb. **83**, 1932, 708—718. Junge, Anlegen der Raupenleimringe. Geisenh. Mitt. Obst- u. Gartenbau **49**, 1934, 18—19. Schmidt, M., Die Bedeutung des Leimringes zur Bekämpfung des Frostspanners. Obst- u. Gemüsebau **80**, 1934, 135.

[1]) Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. 1. Bd., 1914, S. 370.

[2]) Hess-Beck, Forstschutz I. Schutz gegen Tiere (von Dingler). Neudamm 1927.

[3]) Collins, C. W., and Hood, C. E., Gipsy moth tree-banding material how to make, use and apply it. U. S. Dept. Agric. Dept., Bull. **899**, 1921.

[4]) Baunacke, W., Was lehrt uns die Frostspannerplage 1924/25? Die kranke Pflanze **2**, 1925, 165.

[5]) Löschnig, J., Die Notwendigkeit und der Erfolg der Frostspannerbekämpfung mit Leimringen. Die Landwirtschaft **8**, 1932, 262.

[6]) Hampp, H., Bekämpfung des Sommererdflohbefalles im Hopfengarten. Allgem. Brauer- und Hopfenzeitung **75**, 1935, 320.

Daß das Leimringverfahren für den forstlichen Großbetrieb verhältnismäßig teuer ist, zeigte Otto-Kottwitz[1]) am Beispiel einer Frostspannerbekämpfung in der Oberförsterei Kottwitz: dort wurden zwar je Probestamm durchschnittlich 279 Weibchen und 167 Männchen gefangen und durch den Leimring ein voller Erfolg erreicht, jedoch kostete das Röten der Stämme etwa 3½ Rpf und das Leimen selbst etwa 4½ Rpf je Stamm; die Unkosten für die Leimung eines Hektars betrugen bei diesem Versuch 211 RM (im Gegensatz zu den bei Arsenbestäubung mittels Motorverstäuber entstehenden Unkosten von 52 RM). Eine Ersparnis kann nach Knoche[2]) im Forst dann eintreten, wenn auf das Röten der Stämme (z. B. bei Fichten) verzichtet und der Leimring selbst gegen die jüngsten Raupenstadien (z. B. Nonne) nur in einer Breite von 1—1,5 cm angelegt wird, so daß die Leimmenge auf etwa 20 kg je ha herabgedrückt werden kann. Umstritten ist der Wert der Leimringe bei Raupen, die ständig in der Krone ihre Entwicklungszeit durchmachen. Wenn es in USA. auch gelang, mit Hilfe der Leimung den Schwammspinner erfolgreich zu bekämpfen — im Obstbau ist ein Abprellen der Raupen möglich —, so liegen die Verhältnisse im Forst bei Nonne und Forleule doch anders. Hier haben sich die verschiedenen Ansichten über die Brauchbarkeit der Leimung so verschärft, daß man von „Leimfreunden" und „Leimgegnern" sprechen kann. Nach Ansicht der „Leimfreunde" kommt jede Raupe mindestens einmal im Laufe ihrer Entwicklung freiwillig oder durch Wind oder Regen auf den Boden. Durch eine Leimung ist es also möglich, den größten Teil der Tiere zu vernichten. Praktische Bekämpfungsmaßnahmen zeigen auch, daß bei Leimungen die Raupen zu Tausenden unter den Leimringen sitzen und dort verhungern. Die „Leimgegner" glauben dagegen nicht, daß die Raupen in ihrem normalen Entwicklungsgang die Kronen verlassen; sie sind vielmehr der Ansicht, daß in erster Linie nur polyederkranke oder parisitierte Raupen sich abspinnen und fallen lassen. Eine Vernichtung dieser erkrankten Raupen durch Leimringe hieße aber eine von der Natur aus eingesetzte Regulatur der Schädlingsbekämpfung aufhalten und die Kalamität in die Länge ziehen.[3]) Auch die Leimfreunde erkennen die Bedenken an und suchen sich, schon aus dem Grunde, daß die Leimung für den Forst immer eine kostspielige Bekämpfungsart darstellt, durch vorheriges Probefällen und Auszählen der Eier und Raupen und durch genaue Untersuchung der Raupen auf ihren Gesundheitszustand von der Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Leimung vor Ausführung der Maßnahmen zu überzeugen. Zur Feststellung der Stärke der Eiablage wird in gewissen Abständen (z. B. je Hektar) ein Baum gefällt und die an ihm abgelegten Eier gezählt, wobei die beim Auszählen übersehenen Eier in bestimmter Weise berücksichtigt werden. Ein Bestand gilt als gefährdet, wenn mindestens 200 Eier je Baum gefunden wurden. Die Feststellung der Raupenzahl erfolgt durch Probeleimung, die an Bäumen durchgeführt wird, die in etwa 10—12 m breiten, die Bestände durchlaufenden Streifen stehen; aus der Zahl der unter und über (Probefällung) den Leimringen gefundenen Raupen lassen sich Rückschlüsse über die Höhe des Befalles im Bestande ermöglichen. Die Untersuchung der Raupen selbst auf ihren Gesundheitszustand entscheidet über die Notwendigkeit der Volleimung. Im allgemeinen wird die Volleimung unterlassen, wenn mindestens 50% (nach K. Escherich sogar 30—40%) der Raupen krank sind. Nach Knoche[4]) sind auch Art der Wirtspflanzen (Fichte oder Kiefer) und Witterung und damit Schnelligkeit der Massenvermehrung für den Erfolg der Leimung ausschlaggebend, und es ist sehr wohl möglich, bei langsamer Entwicklung der Massenvermehrung den Beständen

---

[1]) Otto-Kottwitz, Versuchsweise Bekämpfung des Frostspanners mit Leimringen. Der deutsche Forstwirt **44**, 1931, 348—350.

[2]) Knoche, E., Schädling, Klima und Bekämpfung, Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **16**, 1929, 705—775.

[3]) Weißwange, Der Kampf gegen die Nonne. Darstellung der großen Nonnenkalamität und der Bekämpfungsmaßnahmen in den Zittauer Stadtforsten 1906—1910. Neudamm 1914; Krutzsch, Die Nonne und ihre Bekämpfung in den Privatwäldern des Freistaates Sachsen nach dem Falterfluge 1922. Sächs. landw. Zeitung 1922, Nr. 42; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927; Baader, R., Neuere Erfahrungen auf dem Gebiete der Erforschung und Bekämpfung der Nonnen. Allg. Forst- und Jagdzeitung **90**, 1914, 361.

[4]) Knoche, E., Schädling, Klima und Bekämpfung. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt, **16**, 1929, Heft 4, 705—775.

durch Leimung eine Entlastung zu bringen und den Kahlfraß wenigstens im gleichen Jahre noch zu verhindern.

Wenn auch hin und wieder versucht wurde, den Raupenleimen noch abschreckende Geruchsstoffe zuzusetzen, so wurde doch von Smulgren[1]) festgestellt, daß in erster Linie die Viskosität („Klebkraft") den Wert des Raupenleims bedingt. Fluoreszierende und nachts leuchtende Leimringe (s. S. 318) zur Anlockung von Nachtfaltern haben sich nicht bewährt, auch ist die oft von Praktikern, häufiger noch von Erfindern erstrebte Kombination zwischen Leimring und Madenfalle (vgl. S. 314), wobei dem Raupenleim von recht rührigen Erfindern noch Arsen- oder Nikotinverbindungen beigemischt wurden, völlig wertlos.

Mit Raupenleim hergestellte Klebstoffschranken lassen sich jederzeit, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, zum Schutz von Einzelpflanzen, kleiner Pflanzenbestände, von Gewächshäusern, Anzuchtbeeten, Saatgutkammern, Speichern oder Wohnungen gegen wandernde Insekten anlegen, doch kommt ihnen, da sie schnell verschmutzen und damit als Schutzstreifen unbrauchbar werden, keine größere praktische Bedeutung zu. Auch die um kleinere Kulturflächen hin und wieder angelegten breiten Teerstreifen (Anbringen geteerter Bretter) gewähren nur so lange Schutz, wie sie fängig bleiben und nicht durch Erde und Sand unbrauchbar gemacht sind.

Daß man Leimflächen außer als Schranken auch als Fangflächen benutzt, wird weiter unten an Beispielen gezeigt werden.

### 3. Fernhaltung durch Anbringen sonstiger Hindernisse.

Die Möglichkeit, noch andere Hindernisse als Gitter und Klebschranken zur Fernhaltung von Schädlingen zu verwenden, ist so groß, daß es nur möglich ist, die Mannigfaltigkeit dieser Fernhaltungsmaßnahmen an einigen Beispielen anzudeuten: Durch Schranken aus Sand, Erdstaub, Kalk, Ätzkalk, Asphalt, Asche, Gerstenstreu, Häcksel, Fichtennadeln versucht man hochwertige Kleinkulturen (Anzuchtbeete usw.) vor der Zuwanderung von Schädlingen (Schnecken, Raupen usw.), die diese Schranken meiden, zu bewahren. Mit Glasscherben oder Dorngeflecht ausgefüllte Gräben[2]) sollen die Zuwanderung von Bodenschädlingen (Nagetieren) verhindern, insbesondere soll man Kartoffel- und Rübenmieten durch Einlegen von Wacholderzweigen in die Mietendecke vor Einwanderung von Mäusen schützen können. Lagerndes Getreide auf Schüttböden wird zur Fernhaltung des Kornkäfers mit einem etwa 5—7 cm hohen, steilwandigen, durch seitliches Anklopfen zwischen zwei Brettern hergestellten Wall feingemahlener Kieselsäure (Kiesmehl) umgeben. Das Überdecken des Bodens mit Reisig, Stroh, Papier, Kalk, Sand usw.[3]) soll Eiablage und Schädlingsbefall verschiedenster Art hindern, das Festklopfen der Erde unter Obstbäumen das Herauskommen der im Boden überwinternden Insekten unmöglich machen (vgl. hierzu H. Bremer auf S. 308). Auch das tiefe Vergraben befallener und erkrankter Pflanzenteile (z. B. moniliakranke oder schorfige Früchte) dient zur Fernhaltung (Beseitigung) neuer Infektionsquellen von den Kulturen.

---

[1]) Smulgren, M. T., The barrier factors in gipsy moth tree-banding material. U. S. Dept. of Agric. Dept., Bull. **1142**, 1923.

[2]) Nach Müller-Böhme (s. S. 298) läßt sich allerdings die Wühlmaus durch solche Hindernisse nicht fernhalten.

[3]) Friedrichs, K, Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- u. forstwirtsch. Zoologie. Bd. II, 1930, S. 266.

W. P. Flint und C. O. Mohr[1]) haben gefunden, daß die im amerikanischen Obstbau angewandten Erdölemulsionen Maisähren, die kurz in diese Emulsionen eingetaucht werden, vor Befall durch Vorratsschädlinge schützen. Auch Emulsionen aus hochraffinierten Teerölen gewähren diesen Schutz, ohne die Keimfähigkeit zu schädigen. Bei den durch Kochen selbst hergestellten Ölemulsionen soll Keimschädigung verhindert werden, wenn Kaliumoleat zur Herstellung verwendet wurde. Die Ölemulsionen bewahren so lange als schützende Ölschicht lagerndes Getreide vor Schädlingsbefall (Kornkäfer), wie die Ölschicht durch Bewegen des Getreides nicht zerrissen wird. — Als allgemeine Methode gegen Kornkäfer usw. wird endlich noch ein sorgfältiges Verkitten aller Ritzen und Fugen mit einer geeigneten Kittmasse[2]) empfohlen, die nach dem Einstreichen bald fest wird, ohne jedoch weder so spröde zu werden, daß sie herausbricht, noch so nachgibt, daß Getreidekörner hineingetreten werden können; ein fugenloser Speicherfußboden kann auch durch Auflegen eines besonderen, aus Kunstasphalt hergestellten Fußbodenbelages[3]) erreicht werden. Um das Eindringen der Ratten in Wohn- und Lagerhäuser zu vermeiden, können besondere Vorrichtungen[4]) in die Kanalisationsrohre eingebaut werden.

Zum Schutz von Einzelpflanzen vor Zuwanderung und Schaden werden mechanische Hindernisse verschiedenster Art verwendet. So schützt der Gärtner wertvolle Orchideenblüten durch Umbinden der Stengel mit Watte[5]) vor Schnecken- und Asselfraß (Abb. 10). Kegel- oder manschettenförmige Papierkragen werden an Tomatenpflanzen zur Abwehr von Eulenraupen angelegt. Junge Kaffeepflänzchen, die häufig in Bodenhöhe von Eulenraupen geringelt werden, hat man mit Erfolg durch Streifen aus dünnen Zinn- oder Aluminiumfolien geschützt, die in einer Breite von etwa 5 cm unterhalb und 5 cm oberhalb der Bodenfläche um jedes Stämmchen gelegt wurden. Am bekanntesten von solchen Abwehrvorrichtungen sind jedoch die Kohlkragen, runde oder sechseckige Scheiben aus Teerpappe mit einem bis zur Mitte gehenden Einschnitt, die als Schutz gegen Kohlfliegenbefall nach dem Auspflanzen um den Stamm der jungen Kohlpflänzchen gelegt werden.

Kohlkragen wurden bereits 1889 in New York von Goff verwendet, bewährten sich bald darauf auch in anderen Teilen der Vereinigten Staaten und in Kanada, wurden zu Anfang des Jahrhunderts auch in England und später in Holland eingeführt. Besonders im intensiv betriebenen holländischen Gemüsebau wurde der Kohlkragen zeitweise in steigendem Umfange verwendet; so gab der holländische Pflanzenschutzdienst 1918: 5000, 1919: 40000, 1923: 1800000 Stück an die Praxis ab. In Deutschland bemühten sich insbesondere Reh[6]) und Blunck[7]) um die Einführung der Kohlkragen; von Blunck wird

---

[1]) Flint, W. P., and Mohr, C. O., New Protection against stored-grain insects. Agric. Exper. Stat. Univ. Illinois., Bull. **359**.

[2]) „Aristogen" der I. G. Farbenindustrie AG., Leverkusen; „Erkalith" der Firma C. R. Kunze, Leipzig.

[3]) „Hermowid" der Firma Hermann Paul, Guben.

[4]) „Saßsche Absperrvorrichtung" der Firma Carl Saß, Hamburg 13.

[5]) Pape, H., Die Praxis der Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen der Zierpflanzen. Berlin 1936.

[6]) Reh, L., Phytopathologisches aus Holland. Ztschr. f. angew. Ent. **10**, 1924, 211—216.

[7]) Blunck, H., Lebensgewohnheiten und neuzeitliche Bekämpfung der Kohlfliege. Deutscher Erwerbsgartenbau. 1925, Nr. 16; Nicolaisen, N., Der Kohlkragen als Kampfmittel gegen die Kohlmade. Obst- u. Gemüsebau 1928, Heft 4, 57.

ihre Selbstherstellung mit Hilfe von Stanzeisen empfohlen. Wenn es auch gelingt, den Befall an Kohlfliegen durch Umlegen der Kohlkragen stark herabzusetzen (nach P. Hus[1]) war eine Herabsetzung von 90—95% auf 5—8% möglich), so hat sich doch in Deutschland das Verfahren nicht durchgesetzt. Auf scholligem Boden liegen die Kohlkragen dem Boden oft nicht dicht genug an, um eine Eiablage an der Pflanze auf jeden Fall zu verhindern. In windigen Gegenden (z. B. Schleswig-Holstein mit seinen ständigen Seewinden) wird der Kohlkragen vom Boden leicht abgehoben und durch den Wind hin und her gezogen, wodurch Beschädigungen der jungen Kohlpflanzen hervorgerufen werden. Durch Wind, Schwemmregen oder beim Hacken wird außerdem der Kohlkragen mit Erde oder Sand



Abb. 10. Durch Watte gegen Insektenfraß geschützte Orchideenblüten. Nach H. Pape.

überdeckt und damit unbrauchbar. Wichtig ist, daß auch gut geteerte Kragen die Eiablage am Kragen selbst nicht immer hindern, daß also der Kragen mehr mechanisch als vielleicht durch Ausdünstung der Teerstoffe die Kohlfliegen von der Eiablage an der Pflanze abhält; die an den Kragen abgelegten Eier gaben jedoch keine Maden. Da das Kohlkragenverfahren schließlich noch ziemlich umständlich und im Vergleich zum besser wirkenden Sublimatverfahren (vgl. S. 170) auch teuer ist[2]), kommt es für den feldmäßigen Großanbau, in welchem maschinell gehackt wird, nicht in Frage; seine Anwendung beschränkt sich auf Kleinbetriebe, in denen mit Rücksicht auf Arbeiter und Kinder die Verwendung des sehr giftigen Quecksilberchlorids vermieden werden soll. Als Ersatz ist versucht worden, Holzstoff mit Wasser zu einem dicken Brei zu verrühren und mittels Gießkannen ohne Brause auf die Erde um die Kohlpflanzen zu gießen. Der auf diese Weise gebildete kohlkragenähnliche feste Belag lag dem Boden gut an, hinderte auch die Pflanzen nicht im Wachstum, wurde jedoch durch die Hacktätigkeit mit Erde bedeckt und blieb dann ohne Schutzwirkung.

Im Forst hat man einzelne wertvolle Jungbäume durch Einhängen von großen, aus federndem Draht bestehenden Spiralen vor Schäden, die durch das Fegen

---

[1]) Hus, P., Parred felt dicks against cabbage maggot. Rep. of the intern. conf. of phytop. and econ. Entomol. Holland 1923, 121.

[2]) Haken, T., Neuzeitliche Bekämpfung der Kohlfliege. Landw. Zeitg. für Westfalen u. Lippe (Münster) 1926, 271—272.

des Rehbocks entstehen, zu schützen versucht. Anzuchtgärten und Jungkulturen werden vor Wildverbiß bewahrt, wenn durch Papiertüten, Papierstreifen oder Papierkronen, durch besonders geformte, leicht biegsame Blechstücke („Knospenschützer", „Kronenschützer") oder durch Werg die einzelnen Triebe geschützt sind.[1])



Zur Fernhaltung von Schäden durch Verwendung von Hindernissen dienen endlich noch die von Klengel empfohlenen „Katzenvorhemdchen"[2]), die die Katzen am Besteigen der Bäume und damit an der Verfolgung nützlicher Singvögel und am Ausrauben ihrer Nester verhindern (Abb. 11), jedoch von den Katzenhaltern meist abgelehnt wurden.




Abb. 11. „Katzenvorhemdchen". Nach A. Klengel.

## 4. Fernhaltung durch Abschreckung.

Zur Fernhaltung dienen auch alle jene physikalischen Mittel, die, den Gesichts-, Gehör- oder Tastsinn der Schädlinge ausnutzend, auf eine Abschreckung der Schädlinge hinzielen. Eine eingehende Zusammenfassung der gegen Vögel angewandten und empfohlenen Abschreckmittel brachte Klengel[3]). Zur Frage der Prüfung und Bewertung von Vogelscheuchen, wie sie z. B. von der Biologischen Reichsanstalt und der Staatlichen Stelle für Naturdenkmalpflege eingeleitet ist, nahm Schoenichen[4]) Stellung.

Mit Woll- oder Zwirnsfäden überspannte Anzuchtbeete und Saatbeete oder mit Fäden umzogene Baumkronen (Abb. 13: 10) sollen vor Vogelfraß schützen.[5]) Die Abschreckwirkung auf den Gesichtssinn soll oft durch Anbringen von Stoff- und Papierfähnchen, frei hängenden und sich im Winde bewegenden Spiegeln, blinkenden Metallfolien und Blechstückchen verstärkt werden (Abb. 13: 5—8).[6]) Aus Zinkblech ausgeschnittene, oft mit funkelnden Augen versehene Katzen (Abb. 12), Katzenköpfe und Eulen oder mit Vogelfedern oder Flügeln versehene, sich im Winde drehende Abschreckgeräte („Federwindmühle") oder ausgestopfte Raubvögel und Raubtiere werden zur Fernhaltung von Drosseln und Staren in Kirschbäumen aufgehängt, oder es werden Strohmänner u. dgl. in den Kulturen aufgestellt. Eine Reihe solcher Abschreckmittel sind als Vogelscheuchen in Abb. 13 zusammengestellt. Häufig werden diese Mittel mit akustischen Mitteln verstärkt, indem Klapper- oder Rasselgeräusche erzeugt werden. In der Regel treibt bei diesen akustischen Apparaten



Abb. 12. Drehbar aufzustellende oder aufzuhängende „Katze" als Vogelscheuche.

[1]) Eckstein, K., Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. Berlin 1915; Heß-Beck, Forstschutz Bd. 1., M. Dingler, Schutz gegen Tiere. 5. Aufl. Neudamm 1927.

[2]) Klengel, A., Gegen die Katzenplage. Merkbl. Nr. 6 der Sächs. Pflanzenschutz-Ges., Beilage zu „Die kranke Pflanze" **5**, 1928.

[3]) Klengel, A., Scheuchmittel. Merkbl. Nr. 10 der Sächs. Pflanzenschutz-Ges., Beilage zu „Die kranke Pflanze" 1929.

[4]) Schoenichen, G., Die Biologie der Vogelscheuche. Naturschutz **15**, 1934, Heft 5, 8 S., 2 Abb.

[5]) Lederer, G., Schutz gegen Krähenfraß. Landbau und Technik **10**, 1934, 9 und 10.

[6]) D. R. P. Nr. 544647.

der Wind eine Windmühle (Abb. 13: 1, 2, 3), die durch ihre Umdrehung Glocken, freischwebende Blechstücke oder sonstige Lärmvorrichtungen in Tätigkeit setzt. Aber auch durch Handschnarren und -klappern wird Vogelschaden verhindert. So werden zur Zeit der Kirschernte im niederelbischen Obstbaugebiet Schulkinder von den Obstbauern angeheuert, die täglich von früh bis spät als sog. „Spreenhüter" (Spreen = Stare) durch Schreien und durch Drehen von Klappern in den Obstanlagen einen Höllenlärm verursachen und dadurch die Stare verscheuchen. Richten sich diese akustischen Mittel in erster Linie gegen Vögel, so werden sie auch z. B. zur Verscheuchung von Heuschreckenschwärmen (durch Schlagen von Blechbehältern und Schreien und Lärmen der Eingeborenen), ja selbst versuchsweise zur Verscheuchung von Maulwürfen angewendet; so soll der Maulwurf zu vertreiben sein, wenn Flaschen bis zum Hals in die Erde eingegraben werden und der über die offenen Flaschen hinstreichende Wind Pfeiftöne erzeugt.

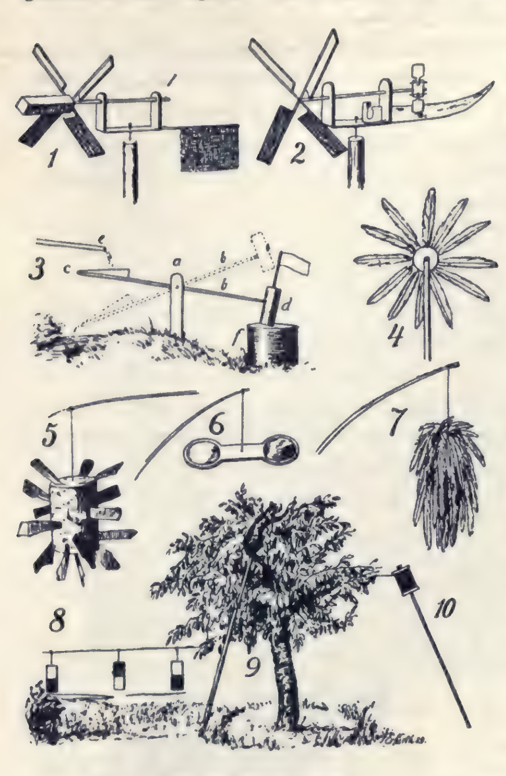



Abb. 13. Vogelscheuchen.
1. und 2. = Klappermühlen, 3. = „Wassermann", 4. = Federmühle, 5. = Vogelscheuche mit Spiegelglasscherben, 6. = Vogelscheuche „Praktikus", 7. = Vogelscheuche mit Schwungfedern, 8. = Saatenschutz mit schwarzweißen Holzspänen, 9. = Schutz der Obstfrüchte durch ausgestopften Tierbalg, 10. = Vorrichtung zum Überziehen der Bäume mit Zwirnsfäden. Nach A. Klengel.

Aber die Technik der Abschreckmittel ist noch weiter gegangen. Die Umständlichkeit, die Vögel durch Schützen fernzuhalten, die von Zeit zu Zeit blinde Schüsse abgeben, hat zur Herstellung von Abschreckapparaten geführt, bei denen auf nichtbrennbarer Unterlage eine in bestimmten Abständen mit Knallpatronen durchsetzte Zündschnur befestigt ist. Die Abstände zwischen den einzelnen Sprengstoffladungen sind so berechnet, daß beim Abbrennen der Zündschnur alle halben Stunden bzw. alle Stunden ein Knall erfolgt. Die Abschreckapparate sollen, in Obst- und Feldbaubetrieben aufgestellt oder aufgehängt, Vogel- und Wildschäden vermeiden.[1]) Rührige Erfinder versuchen sogar selbst Radio und Schallplatte als Schreckmittel gegen Vögel in den Dienst der Schädlingsbekämpfung zu stellen, indem mittels Lautsprecher, die in den bedrohten Kulturen aufgestellt sind, in bestimmten Zeitabständen von einer Schallplatte aus Geräusche wechselnder Art (Zisch-, Rassel- und Knallgeräusche) hervorgerufen werden; es fehlt auch nicht an Vorschlägen, auf Schallplatten sowohl drohende Lautäußerungen von Raubtieren (durch Aufnahmen in zoologischen Gärten) als auch Angstschreie und Klage- und Warntöne kleiner, geängstigter Tiere aufzunehmen und diese durch Lautsprecher zur Abschreckung von Vögeln auf Feldern und in Gärten zu übertragen.

Der Wert aller dieser Vogelscheuchen ist nur sehr bedingt. Die ausgeschnittenen, mit funkelnden Augen versehenen Katzen und Eulen erinnern stark an die sehr primitiven Vorstellungen der Eingeborenen Ceylons, die nach

[1]) Vogelscheuche „Piff-Paff" der Firma Otto Hinsberg, Nackenheim a. Rhein; Wild- und Vogelschreckapparat Donar. Schweiz. Ztschr. f. Obst- und Weinbau. **40**, 1931, 251; Si-Pu-Weinbergpistole (mit Schrapnellgeschoß). Kriegeskorte & Co., Stuttgart-Hedelfingen.

Friedrichs[1]) mit Teer Schattenbilder von Schlangen auf jeden Stamm ihrer Kokospalmen malen, um Ratten vom Erklettern der Palmen abzuhalten. Alle diese auf das Auge primitiver Menschen vielleicht noch abschreckend wirkenden Mittel versagen bei den Schädlingen.[2]) Selbst ausgestopfte Raubvögel oder sich bewegende, blinkende Spiegelflächen haben nur eine sehr kurze Wirkungsdauer, da sich die Vögel bald daran gewöhnen, sie nicht mehr beachten oder sogar den aufgestellten Strohmann als Nistgelegenheit benutzen. Am besten wirkte von diesen Abwehrmaßnahmen noch das Überspannen[3]) von Saatbeeten oder bedrohter Obstbäume mit schwarzen Zwirnfäden, da Sperlinge, Drosseln usw. erfahrungsgemäß solche Beete meiden, doch dürfte hier der Gesichtssinn weniger eine Rolle spielen als die Verängstigung, die die Tiere beim Berühren der schwer sichtbaren Fäden beim Anfliegen der Kulturen einmal erfahren haben. Auch an Klappergeräusche gewöhnen sich die Vögel bald; werden diese Geräusche durch den Wind verursacht, so wirken sie nach kurzer Zeit eintönig und verlieren ihre Schreckhaftigkeit, bei Windstille aber treten sie ganz außer Tätigkeit. Selbst Schreckschüsse wirken auf die in Getreidefelder einfallenden Sperlingsschwärme oder auf die Kirschbäume ausplündernden Drosseln und Stare nur dann, wenn ab und zu auch einmal ein scharfer Schuß abgegeben wird. Der Übertragung von Droh- und Angstschreien anderer Tiere mittels Lautsprecher dürfte keine ernste Bedeutung zukommen.

Zu den Fernhaltungsmaßnahmen gehören auch jene Abschreckmittel, die eine Vergällung der Futterpflanzen bezwecken. In jungen Forstkulturen werden die Triebspitzen der Nadelhölzer vor Wildverbiß geschützt, indem mit hohler Hand auf die jungen Triebe Werg aufgeschoben wird („Verwergen" der Triebspitzen) oder besondere sogenannte Wildverbißmittel auf die Pflanzen, oft mit Hilfe besonderer Schmierapparate, aufgebracht werden. Staubförmige Mittel (wie Straßenstaub, Flug-, Holz-, Brikettasche, Ruß usw.) auf die Pflanzen aufgestäubt, halten Erdflöhe fern und verhindern Fraß durch Blattwespenlarven. Auch Bitterstoffe, als Spritzlösungen auf die bedrohten Pflanzen aufgespritzt, sind als Abschreckmittel — meist mit negativem Erfolge — verwendet worden. Andererseits kann Arsenspritz- und -stäubemitteln unter Umständen ein Erfolg mehr als Abschreckmittel als als Fraßgift zukommen.

Als eine Art der Fernhaltung tierischer Schädlinge seien die in Praktikerkreisen und -zeitschriften immer wieder auftauchenden Vorschläge auf Anbau von Abschreckpflanzen[4]) angeführt. So sollen z. B. die Wolfsmilch *(Euphorbia lathyrus)* die Wühlmäuse von Obstbäumen, Hanf oder Tomaten, zwischen Kohl gepflanzt, oder Holunderzweige, zwischen die Kohlpflanzen gesteckt, Kohlweißlinge oder *Delphinum* oder *Ricinus communis* oder *Peganum harmala* die Heuschrecken fernhalten. Alle diese Vorschläge beruhen auf

---

[1]) Friedrichs, K., Grundlagen und Gesetzmäßigkeiten der land- u. forstwirtsch. Zoologie. Bd. II, 1930, S. 17—18.

[2]) Kleemann, C. W., Muß eine Vogelscheuche häßlich sein? Der prakt. Ratgeber für Obst- u. Gartenbau **37**, 1922, 8.

[3]) Schutz gegen Krähenfraß. Landbau und Technik **10**, 1934, 10.

[4]) Vgl. Friedrichs, K., s. Fußnote 1 dieser Seite (Bd. II S. 140 u. 210).

Vermutungen; bei genauen Prüfungen hat sich meist ihre Unbrauchbarkeit erwiesen.[1])

Als Maßnahmen der Fernhaltung sind endlich auch alle Maßnahmen anzusehen, die einen den Schädlingsbefall fernhaltenden Pflanzenanbau anstreben. Durch Auswahl bestimmter Klima- und Standortsverhältnisse, durch Schaffung besonderer Bodenverhältnisse (durch Bodenbearbeitung, Düngung, Änderung der Wasserverhältnisse oder der Bodenreaktion), durch bestimmte Auswahl der Pflanz- und Aussaatzeiten, durch Pflanzauslese versucht man örtliche Verhältnisse zu schaffen, die den Lebensbedingungen der Schädlinge möglichst ungünstig sind, den Anbau der Kulturpflanzen jedoch — oft noch eben — gestatten; sie sind bereits in einem früheren Abschnitt behandelt worden (vgl. S. 26—130).

## 5. Fernhaltung von Witterungsschäden.

Eine eigene, umfangreiche Gruppe von Fernhaltungsmaßnahmen können alle die mannigfaltigen Maßnahmen bilden, die durch Regen, Wind, Frost, Hitze, starke Besonnung usw. verursachte Witterungsschäden verhindern.[2]) Meist sind die Maßnahmen örtlich gebunden, d. h. sie werden für den oft sehr begrenzten Einzelfall angewendet; als Frostabwehrmaßnahmen hingegen können sie auch ein Allgemeininteresse für einen ganzen Bezirk besitzen und daher eine gemeindeweise Durchführung erfordern. Witterungsschäden können wirtschaftlich von größter Bedeutung sein, wenn z. B. durch späte Frühjahrsfröste oder Hagelschlag die Blüte zerstört und damit der größte Teil der Ernte (besonders im Obst- und Weinbau) vernichtet wird, wenn durch strenge Winter (1928/1929) ganze Kulturen (Kirsch-Anlagen) stark geschädigt werden, wenn heiße trockene Sommer zu Mißernten führen und Hungerepidemien veranlassen oder wenn milde, trockene Winter den Anlaß zu Feldmausplagen geben. Der Schaden, den der deutsche Weinbau durch den Winter 1928/1929 mit den nachfolgenden Frühjahrsfrösten erlitt, wird auf 30—40 Millionen *RM* geschätzt.



Abb. 14. Strohmatten als Frostschutz. Nach M. Schwartz.

[1]) Müller-Böhme, H., Die Große Wühlmaus. Flugblatt 98 der Biologischen Reichsanstalt. (3. Aufl. 1936); ders., Beiträge zur Anatomie, Morphologie und Biologie der „Großen Wühlmaus". Arb. aus der Biol. Reichsanstalt **21**, 1935, 363—453.

[2]) Lüstner, G., und Molz, E., Schutz der Weinrebe gegen Frühjahrsfröste. Stuttgart 1909; Schmidt (Wien), Fröste und Frostbekämpfung im Weinbau. 4. Heft der Meteorol. Vers. über Frostabwehrmittel (Röder, Oppenheim); Schlenz, P., Frostschäden im Obstbau, Ursache, Vorhersage, Abwehr, Bekämpfung und Heilung. Bechtold, Wiesbaden 1935; Zillig, H., Witterungsschäden an Reben. Flugbl. 156/157 der Biol. Reichsanstalt.



Abb. 15. Frostschutzhauben. Bild: Pflanzenschutzamt Potsdam.

Abdecken: Gegen Frost, Regen, Wind und starke Bestrahlung werden Kulturen abgedeckt. Auf Töpfen und Latten oder größeren Pfählen und Stangen werden zur Verhütung von Schäden durch Nachtfröste über wertvolle Kulturen (z. B. Frühgemüse) Papier, Pappe, Wachspapier, Cellophanglas, Tücher und Netze gespannt oder Strohmatten oder Rohrmatten (Abb. 14) gelegt, die am Tage meist wieder entfernt werden.[1]) Einzelne empfindliche Pflanzen werden über Winter mit Stroh- und Schilfmatten, Strohhülsen, Frosthauben (z. B. bei Rosen), Fichtenreisig gegen Frost eingebunden, die Kronen der Rosenhochstämme werden in die Erde eingeschlagen. Durch Stallmist, der auf den zugefrorenen Boden von Obstanlagen gebracht wird, kann das Auftauen des Bodens und damit der Frühaustrieb der Bäume bis zu 2 Wochen verzögert werden. Steingärten und Staudenbeete werden im Winter durch Bedecken mit Nadel- und Laubstreu vor Auswinterungsschäden geschützt. Die durch vorzeitige einseitige Erwärmung im Frühjahr in den Stämmen von Obstbäumen, von Roßkastanien, Linde, Platanen, Ahorn usw. auftretenden ungleichen inneren Spannungen und die hierdurch entstehenden Frostrisse und Frostplatten können durch Kalkanstrich oder Kalkspritzung der Bäume (vgl. Theobaldsche Brühe S. 374) verhütet werden. Zum Schutz früher Aussaaten oder Pflanzungen und zur Erzielung früher Ernten werden im Gemüsebau (Frühkohl, Wirsing, Bohnen — in Dippelsaat —, Kohlrabi, Tomaten, Salat, Erdbeeren, Gurken usw.) sog. Frostschutzhauben (Abb. 15) verwendet, die durch Schutz vor Spätfrösten und Wind ein schnelleres Auflaufen und schnelleres Wachstum gewährleisten.[2]) Um die Einführung des in USA. schon seit langem bekannten Verfahrens in Deutschland hat sich besonders Ludwigs[3]) bemüht. Die aus Paraffinpapier vom Praktiker selbst mit Hilfe einer besonderen Presse (Abb. 16) hergestellten

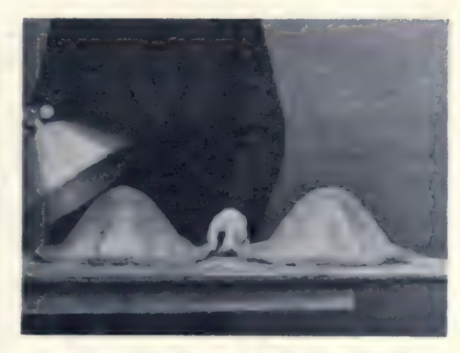


Abb. 16. Herstellung der Frostschutzhauben. Bild: Pflanzenschutzamt Potsdam.

---

[1]) Schmidt, Wilhelm, Die Temperatur unter Frostschirmen. Die Landwirtschaft, Wien 1929, S. 318—319, 1 Abb.; Schellenberg, A., Erfahrungen mit der Verwendung der Frostschirme im Kanton Zürich anläßlich des Spätfrostes vom 23.—24. April 1933. Schweiz. Ztschr. f. Obst- und Weinbau **43**, 1934, Nr. 5, 83—88 u. Nr. 6, 107—109; Amann, H., Untersuchungen über die thermische Schutzwirkung von Deckgittern im Pflanzengarten. Forstw. Zentralblatt 1929, 249. Ref.: Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **40**, 1930, 559; Maus, F., Rohrmatten als Frostschutzmittel bei Frühkulturen. Gartenflora **76**, 1927, 75, 1 Abb.

[2]) Reinhold, J., und Schmidt, M., Frostschutzhauben und Bogenfenster aus Cedraglas. Prakt. Ratg. f. Obst- u. Gartenb. **47**, 1932, 235.

[3]) Ludwigs, K., Frühere Ernten durch Anwendung von Frostschutz-Papierhauben. Die Gartenbauwissenschaft **5**, 1931, Nr. 15; Ders., Frostschutzversuche bei Frühkulturen. Der Obst- und Gemüsebau 1930, 161—162.

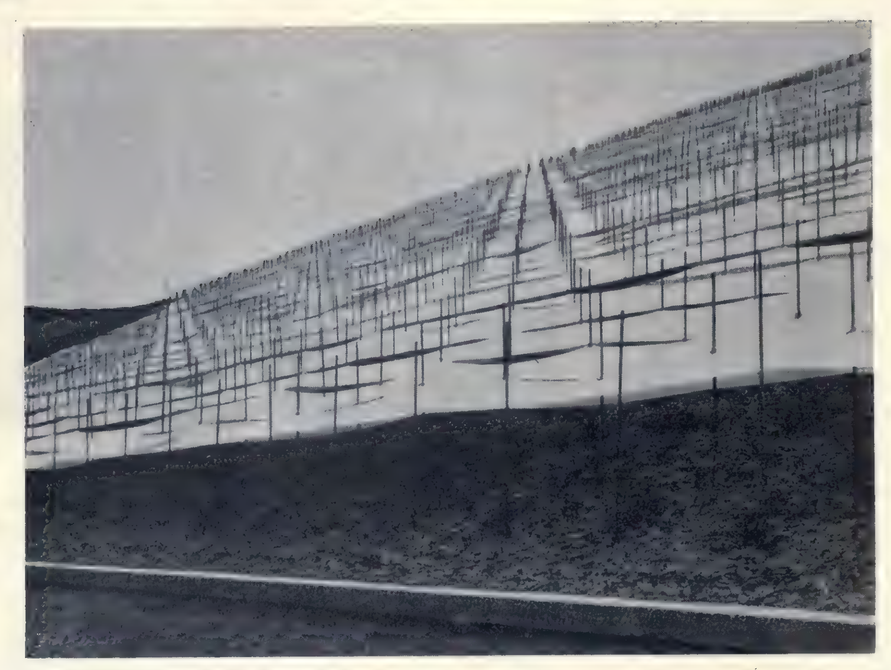


Abb. 17. Überspannen einer Rebkultur an der Mosel. Phot.: Bätz, Trier

Frostschutzhauben[1]) werden über die Pflanzen gestülpt und am Rande durch aufgelegte Erde am Boden festgehalten. Es ist möglich, mit diesen Hauben bei geeigneten Kulturen eine um 14 Tage vorverlegte Ernte zu erhalten. Trotzdem hat das Verfahren in Deutschland keine größere Anwendung gefunden, da es sich nicht für jede Kultur eignet, es in Großbetrieben nicht durchführbar ist und auch in kleineren Betrieben sehr oft als nicht wirtschaftlich und zu umständlich abgelehnt wird. Eine größere praktische Bedeutung haben Frostschirme und Matten aus Stroh, Pappe, wetterfestem Papier oder Sackleinewand (Abb. 17) im Weinbau zum Schutz der austreibenden Reben gegen Frühjahrsfröste gefunden. Drahtanlagen werden mit langen, schmalen Matten dachziegelförmig oder auch je 2 Rebzeilen flachdachartig überdeckt, bei Pfahlziehung werden die aus Stroh oder wetterfester Pappe bestehenden Schirme[2]) über die Reben gestülpt oder als geflochtene Strohmatten (Abb. 18) um die Reben gelegt. Da unter den Matten und Decken die Reben leicht vergeilen, wird empfohlen, die Matten täglich zu entfernen, eine Arbeit, die wegen der Gefahr des Abbrechens der jungen Rebtriebe mit großer Sorgfalt durchgeführt werden muß und das Verfahren daher (besonders bei windigem Wetter) sehr umständlich macht. Der Temperaturunterschied zwischen bedeckter und nicht bedeckter Rebfläche wurde nach Kramer[3]) bei Strohmatten bis zu 1,7° C, bei Matten aus wetterfestem Papier bis zu 1,6° C, bei einem besonderen durch-

[1]) Pauck, P., Frühere Gemüseernten durch Anwendung von Papierhauben. Der praktische Ratgeber im Obst- und Gartenbau **46**, 1931, Heft 17, 195—196; Ders., Witterungsschutz — frühere Ernten — gesteigerte Rentabilität im Gemüsebau durch Gebrauch von Papierhauben. Obst- und Gemüsebau **78**, 1932, 17—18, 3 Abb. und Rhein. Monatsschr. f. Obst-, Garten- u. Gemüsebau 1932; Ders., Witterungsschutz-Papierhauben steigern Wirtschaftlichkeit im Gemüsebau **79**, 1933, 24—25, 4 Abb.; Fischer-Werder, F. J., Wie bewähren sich die Frostschutzhauben? Die Gartenwelt 1932, Nr. 36, 238.

[2]) Stummer, A., Schutz den Weingärten gegen Frühjahrsfröste. Wein und Rebe **10**, 1928, 539—549.

[3]) Kramer, O., Weinbauschädlingsbekämpfung in Württemberg im Jahre 1929. Wein und Rebe **12**, 1930, 147.

sichtigen Material bis zu 2,7° C festgestellt. Doch sollen nach den österreichischen Erfahrungen[1]) Strohschirme bis zu —5° C, Pappschirme im allgemeinen bis zu —3° C vollkommenen Frostschutz gewähren. Die Pappschirme müssen genügend groß und so angebracht sein, daß sie die Rebtriebe nicht berühren, da an den Berührungsstellen leicht Frostschäden auftreten. Frostschirme und Frostmatten sind nur bei wertvollen Rebanlagen wirtschaftlich tragbar, sie kommen für Großbetriebe — schon wegen der Umständlichkeit, große Flächen mit ihnen auszustatten — kaum in Frage und haben daher besonders in Gegenden mit vorwiegenden Kleinbetrieben (Schweiz, Österreich) mehr Beachtung und Verwendung gefunden.



Abb. 18. Frostverhütung mittels Strohschirmen in Niederösterreich. Phot.: J. Nenner, Langenlois.

Zu den Abdeckungsmaßnahmen gehört auch das Anlegen von Hecken, Windschutzstreifen und Windschutzgehölzen, die Windschäden und durch Abriegeln kalter Luftmassen in Frosteinzugsgebieten auch Frostschäden verhüten sollen. Allzu starke und daher schädliche Sonnenbestrahlung wird z. B. bei Gewächshäusern durch Auflegen von Stroh- und Schilfmatten, durch Kalkanstrich der Fenster, farbiges Glas oder durch Berieselung, im Freiland durch Abdecken mit Reisig oder Bespritzen der Kulturen mit Kupferkalkbrühe, in den Tropen durch Anpflanzen von Schattenbäumen in die Kulturen (Kakao) verhindert.

Kulturmaßnahmen: Auch durch Kulturmaßnahmen sucht man Witterungsschäden zu verhindern. Man weiß, daß Felder, die 1—2 Tage noch vor dem Frost gebrochen oder von Unkraut befreit werden, stärker durch den Frost geschädigt werden können als ungegrabene; es wird daher empfohlen, jede Hackarbeit und die Entfernung von Unkraut zu unterlassen, um eine zu starke Wärmeausstrahlung zu verhindern. Da Trockenheit des Bodens die Frostempfindlichkeit steigert, wird vornehmlich nach trockenen Sommern im Herbst Gießen und Wässern empfohlen. Auch im trockenen Frühjahr ist bei noch gefrorenem Boden und bei schon kräftiger Sonnenstrahlung ein Vertrocknen der Pflanzen leicht möglich, da die Wurzeln nicht genügend Wasser aus dem Boden aufnehmen können; auch hier muß mit Wässern den Pflanzen geholfen werden. Da das Erfrieren der Pflanzen in hohem Grade von der Zellsaftkonzentration abhängt, können Pflanzen (z. B. Kartoffeln, Reben) starke Unterkühlungen gut vertragen, wenn man die Zellsaftkonzentration durch Überdüngung mit Kalisalzen oder anderen Nährsalzen erhöht. Einseitige Stickstoffdüngung hingegen führt zu einer Verweichlichung und zu größerer Frostempfindlichkeit der Pflanzen. Der Einfluß der Düngung auf die Frostempfindlichkeit der einzelnen Sorten einer Kulturpflanze spielt besonders im Garten- und Frühgemüsebau eine bedeutende Rolle.[2]) So wie

[1]) Löschnig, J., Frostschäden im Weinbau. Die Landwirtschaft 1928, Nr. 7 u. 8 und Schweiz. Ztschr. f. Obst- u. Weinbau 1928, 269; Ders., Frostschäden und Frostschutz in der Landwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung des Weinbaus. Schöller, Wien 1928. 79 S. 26 Abb.

[2]) Schwartz, G., Einige pflanzenschutzliche Tagesfragen aus dem Obst- und Gemüsebau sowie dem sonstigen Gartenbau. Pflanzenbau **5**, 1928/29, Nr. 23/24, 359; Keßler, O. W., Kalidüngung als Frostschutz bei Reben. Wein und Rebe **16**, 1935, 278; Ders., Beeinflussen wir durch Düngemaßnahmen die Frostschäden? Der deutsche Wein-

durch geeignete Düngung den Pflanzen ein innerer Schutz gegen Frostschäden gegeben wird, so werden auch die durch Auslese und Züchtung erhaltenen frostwiderstandsfähigen Sorten mancher Kulturpflanzen (vgl. S. 104—112) besonderer die Kälte abhaltender Schutzmaßnahmen nicht mehr bedürfen. — Eine Änderung der Zellsaftkonzentration streben offenbar auch Versuche an, bei denen Glyzerinlösung oder Salzlösungen auf die Pflanzen versprüht oder besondere hygroskopisch wirkende Stäubemittel auf die Pflanzen verstäubt werden; zu günstigen Ergebnissen sind diese Versuche nicht gekommen.

Zu den allgemeinen Pflegemaßnahmen gehören endlich auch noch die in der Praxis als selbstverständlich stets geübten Maßnahmen, die als Stützpfähle und Stützgerüste gegen Wind- und Regendruckschäden angewandt werden.

Künstlicher Wind: Bei den Maifrösten sind die tiefen Temperaturen auf die bodennahen Luftschichten beschränkt; bereits in einigen Metern Höhe ist es wesentlich wärmer. Versuche, mit einem durch Motore betriebenen Propeller eine Luftmischung durchzuführen, zeigten, daß schon nach ganz kurzer Zeit eine bedeutende Erhöhung der Temperatur in den bodennahen Luftschichten festzustellen war. Die Wirkungsbreite betrug 80—100 m.[1])

Künstliche Beregnung ist gleichfalls ein bewährtes Frostschutzverfahren für den Garten- und Gemüsebau. Eine die Kaltluft abhaltende Wasserdampfatmosphäre in und über den Kulturen hat man durch besondere Wasserdampfzerstäuber zu erreichen versucht. Schon die Anlage von Stauweihern in Frosteinzugsgebieten soll die Frostgefahr bannen.

Künstliche Nebel: Regen- und Wasserdampfanlagen führen über zu den Verfahren, bei denen man durch Bildung künstlicher Nebel und Überdecken der Kulturen mit diesen Nebeln die Wärmeausstrahlung herabsetzt und das Eindringen von Kaltluft verhütet oder aber nach starken Strahlfrösten eine zu schnelle Erwärmung durch die Sonne verhindert. Die mit Hilfe von Schwefeldioxyd und Chlorsulfonsäure gebildeten Nebel (vgl. S. 456) enthalten Schwefel- und Salzsäuretröpfchen und Wasserdampf, es war daher vorauszusehen, daß mit der Anwendung dieser Nebel in einer die Pflanzen ausreichend schützenden Dichte auch die Gefahr der Pflanzenschädigungen verbunden war.[2]) Versuche in der Praxis[3]) zeigten, daß nur in der Nähe der Nebelerzeugungsgeräte wirkliche Schäden auftreten, daß aber das Verfahren billig ist; nach Wegeleben[4]) beliefen sich die Kosten für Apparate und Material bei 3maliger Vernebelung auf 4.23 RM je ha im Jahr.

Das Vernebelungsverfahren[5]) gegen Frostgefahr kommt nur für große geschlossene Kulturen in Frage. Es ist wesentlich billiger und in der Handhabung einfacher als das bisher vielfach angewandte Räucherverfahren und dürfte daher bei Weiterentwicklung der Technik

---

bau **14**, 1935, Heft 1, 3—6; Wilhelm, A. F., Untersuchungen über die Kälteresistenz winterfester Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Mineralsalzernährung und des N.-Stoffwechsels. Phytopatholog. Ztschr. **8**, 1935, 111—156; Ders., Erhöhter Frostschutz durch Kalidüngung. Der Kartoffelhandel **20**, 1934, Nr. 45 (11. 8. 1934); Ders., Zur Frage der Frostschutzwirkung der Kalidüngung. Der Kartoffelbau **18**, 1934, 80—82.

[1]) Moser, L., Mit Flugzeugpropeller gegen Maifröste. Das Weinland **4**, 1934, 116.

[2]) Hilgendorff, G., Über die Verwendung von Säurenebeln im Pflanzenschutz. Nachr.-Bl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 9—10.

[3]) Ext, W., Neue Erfahrungen über die Verwendung von Säurenebeln zur Frostverhütung. Das. 1931, 81—83; Ders., Phytotoxische Versuche mit neuartigen künstlichen Nebeln, sog. Säurenebeln, zur Abwehr von Nachtfrostschäden in Weinbergen, Baumschulen und sonstigen gärtnerischen Kulturen. Angew. Botanik **8**, 1931, 262—290.

[4]) Wegeleben, R., Nachtfrostverhütung durch künstliche Nebel. Dtsch. Landw. Presse **59**, 1932, 93—94, 106—107.

[5]) Dümmler, A., Die Frühjahrsfröste und ihre Bekämpfung. Weinbau und Kellerwirtschaft **4**, 1925, 69; Héranger, F., Protection contre les gelées blanches, au moyen des nuages artificiels. Revue de viticulture, 1934, Nr. 2080, 301; Stampe, Gerh., Physikalische Eigenschaften des feldmäßig verwandten Nebels und Rauches. Heerestechnik **4**, 1926, 198—203.

insbesondere für den Wein-, Obst- und Frühgemüsebau noch von großer Bedeutung werden. Nach Keßler[1]) dürfte es unter Umständen sogar möglich sein, die Vernebelung von Flußtälern vom Flugzeug aus durchzuführen.

Räucherverfahren: Die Anfänge des Räucherverfahrens gegen Frost liegen schon um etwa 50 Jahre zurück. Zweck des Verfahrens ist es, die bedrohten Kulturen vor Eintritt der Nachtfröste mit einer geschlossenen Rauchdecke zu überdecken und somit die Wärmeausstrahlung zu verhindern.[2]) Der Rauch wird in einfachster Weise durch sog. Schmauchfeuer erzeugt, die in ausreichender Menge in den Kulturen verteilt sind und bei denen nachts Stroh, Laub, Kartoffellaub, Bohnenstroh, Heide, Reisig oder Mist, die von Zeit zu Zeit mit Wasser zu übergießen sind, über offenem Holzfeuer verschwelt werden. Das Verschwelen wird in Erdgruben, besser in beweglichen Pfannen, fahrbaren Karren oder transportablen Öfen durchgeführt. Das Verfahren wird durch Verwendung von Naphthalin, Steinkohlenteer, Anthracen oder Anthracenrückständen, oft mit Torf gemischt, in der Handhabung wesentlich vereinfacht. Schwer entzündbare Schwelmassen können durch Zusatz leicht brennbarer, flüssiger Stoffe (Petroleum, Benzin usw.) verbessert werden. Um eine dichte Rauchwolke zu erzeugen, ist es erforderlich, daß die oft in besonderen Öfen (Räucherrohren) verbrennenden Räuchermassen nicht mit leuchtender, also keinen Rauch entwickelnder Flamme verbrennen, sondern unter stärkster Rußbildung bei einer unter ihrem Entflammungspunkt liegenden Temperatur ,,verschwelen". Kommen die einfachen Schmauchfeuer mit nassem Stroh und Laub nur für kleinere Obst- und Rebanlagen in Frage, so sind für Großkulturen schon Teer, Rohnaphthalin oder besondere Räuchermassen und Räucheröfen erforderlich.[3]) Bei Verwendung von Teer werden nach A. Dümmler[4]) innerhalb 4—5 Stunden 15—20 kg Teer je Feuerstelle verbrannt, wobei die sich auf dem Teer bildenden Krusten ständig entfernt werden müssen (1 Mann für 10—15 Feuerstellen). Die Feuerstellen sind reihenweise in Abständen von 10—20 m anzulegen, wobei die einzelnen Reihen 200—300 m auseinanderliegen. Von den heute gebrauchten Räucheröfen werden nach O. Kramer[5]) 5—6 Öfen je 0,25 ha Rebfläche zur Erzeugung einer genügend dichten und geschlossenen Rauchdecke für ausreichend gehalten; bei einem Versuch in Oppenheim im Mai 1928 wurden in einer Nacht allein 47000 kg Teer und Rohnaphthalin in 22000 Öfen auf einer Rebfläche von 600 Morgen verbrannt.

Die von Kramer benutzten Räucheröfen waren aus Eisenblech hergestellt; sie bestanden aus flachen Blechtrommeln (15 cm Höhe, 40 cm Durchmesser) zur Aufnahme des Brennmaterials (Gasteer und Rohnaphthalin) und einem durch Hebel und Flügelschrauben beliebig verstellbaren Rohr als Schornstein; durch Heben und Senken dieses Rohres wurde die Luftzufuhr und damit der Brennprozeß geregelt. Nach Versuchen in Österreich[6]) ist es sehr wohl möglich, bei guter Organisation und bei richtiger Aufstellung geeigneter Räucherapparate in bestimmten Lagen eine Temperatur zu halten, die 2—2,5° C höher liegt als die Kältetemperatur; bei Kältefrösten jedoch, wo kalte Luftmassen bedeutende Höhen einnehmen, so daß Mittel- und Hochlagen auch erfrieren, soll das Räucherverfahren versagen. Auch bei Kälteeinbrüchen von hohen Gebirgslagen aus oder bei zu hohen Kältegraden wird es schwer sein, durch Räucherung Kulturen immer vor Frostschäden zu bewahren.

---

[1]) Keßler, Fröste und Frostbekämpfung im Weinbau. Wein und Rebe **10**, 1928, 3—29, 84—90, 116—123.

[2]) Dümmler, A., Die Frühjahrsfröste und ihre Bekämpfung. Weinbau- u. Kellerwirtschaft **4**, 1925, 69.

[3]) Voelkel, H., Apparat, der bei Eintritt von Nachtfrost selbsttätig ein Rauchfeuer zum Schutze von Pflanzungen zur Entzündung bringt (Ref.). Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **13**, 1923, 110, 1 Abb.

[4]) Dümmler, siehe Fußnote 2, 69—71.

[5]) Kramer, O., Weinbau und Schädlingsbekämpfung in Württemberg im Jahre 1929. V. Versuche zur Bekämpfung der Frühjahrsfröste. Wein und Rebe **12**, 1930, 154—162.

[6]) Löschnig, J., Frostschäden und Frostschutz in der Landwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung des Weinbaues. Scholle-Verlag, Wien 1927/28, 79 S. 26 Abb.; Ders., Frostschäden im Weinbau. Die Landwirtschaft (Wien) 1928, 499—502.

Geländeheizung: Das Verfahren der Geländeheizung zur Verhütung von Frostschäden ist in USA.[1]) ausgearbeitet und wird dort (Kalifornien) neben dem Räucherverfahren im großen angewendet. In besonderen Öfen (etwa 100 je 0,25 ha) wird vornehmlich Rohöl verbrannt. Bei der Einführung der Geländeheizung in Europa hat man zuerst in Anlehnung an die amerikanischen Methoden Steinkohlenteeröle verwandt. So wurde z. B. nach Hackländer[2]) Gasöl in einfachen, innen glasierten Tontöpfen von 20 cm Höhe und 20 cm Durchmesser verbrannt. Die Töpfe, von denen je 200 Stück auf 1 ha standen, wurden vor der Abbrennung durch Bedecken mit starkem Papier vor Regen geschützt. Es gelang, die Kulturen auch noch bei Temperaturen von — 6° vor Frostschäden zu schützen. In Deutschland hat man bald der Geländeheizung (Abb. 19) mit Braunkohlenbriketts[3]) den Vorzug gegeben, die weder Flamme noch Rauch entwickeln, sondern beim Brennen nur Wärme ausstrahlen. Nach Versuchen an der Mosel soll bei normalem Zeilenabstand auf je 4 Rebstöcke (etwa 30—50 qm) ein Brikett erforderlich sein. In einer Obstanlage konnte R. Hartnauer[4]) durch Brikettheizung die Temperatur der beheizten Fläche in der Nähe des Nullpunktes um 3° C über dem Temperaturminimum der unbeheizten Nachbarflächen halten. Hartnauer benutzte zur leichten Entzündung der in größeren Mengen benutzten Briketts mit billigstem Solventnaphtha getränkte Holzspäne. — Daß auch versucht worden ist, den elektrischen Strom zur Geländeheizung nutzbar zu machen, sei noch kurz erwähnt; das Verfahren dürfte für die Praxis zu kostspielig sein.



Abb. 19. Frostverhütung durch Ofenheizung. Phot.: L. Niemeyer.

Trotz der zahlreichen Frostabwehrmaßnahmen steht doch die beste, wirksamste und billigste Methode für die deutschen Verhältnisse noch nicht fest. Alle Abdeckverfahren eignen sich nur für kleine Pflanzbestände und für Kleinbetriebe. Für Großbetriebe wird man das Vernebelungsverfahren, das Räucherverfahren oder die Geländeheizung bevorzugen. Die Auswahl des Verfahrens

[1]) Young, F. D., Frost and the prevention of frost damage. U. S. Dep. of Agric. Farm., Bull. **1588**, 1929; Schoonover, W. R., and Brooks, F. A., The smokiness of oil-burning orchard heaters. Univ. of California, Agric. Exper. Stat. Berkeley Bull **536**, 1932, 67 S., 42 Fig. (Abb. u. Kurven); Wadsack, H. A., Frostschutz durch Plantagenheizung in USA. Der Obst- und Gemüsebau **79**, 1933, 76, 1 Abb.; Uphof, J. C. Th., Schutz der *Citrus*-Plantagen gegen Kälte. Der Tropenpflanzer **34**, 1931, 513; Treibmann, W., Die Frostbekämpfung mit Ölofenheizung nach dem Verfahren Thielmann. Der deutsche Weinbau **10**, 1931, Nr. 13, 120; Schwartz, G., Einige pflanzenschutzliche Tagesfragen aus dem Obst- und Gemüsebau, sowie dem sonstigen Gartenbau. Pflanzenbau **5**, 1928/29, Nr. 23/24, 359; Zillig, H.: s. Seite 298, Fußnote 2.

[2]) Hackländer, W., Frostschutz in Obst- und Weinbau durch Verbrennen von Gasöl. Die Landwirtschaft **10**, 1934, 90—91.

[3]) Frenz, P., Ein neuer Heizapparat für Obstanlagen. Die Gartenwelt **37**, 1933, 406; Borchert, E., Frostschutzbriketts (Schutzmarke „Dreieck"). Möllers Deutsche Gärtnerzeitung 1928, 370.

[4]) Hartnauer, R., Mittel zur Abwehr von Frostgefahr. Die Gartenwelt **36**, 1932, 146.

hängt von den Örtlichkeiten, der Erfolg außer vom Verfahren noch von den Windverhältnissen und der Organisation ab.[1]) Insbesondere für große Bezirke ist die Beteiligung aller Betriebe erforderlich und ein Erfolg ist nur durch straffe Organisation aller zur Verfügung stehenden Arbeits- und Hilfskräfte zu erreichen. Der Arbeitsverteilungsplan muß vorher ebenso festliegen, wie alle Geräte und das erforderliche Material an Ort und Stelle sein müssen. Zur rechtzeitigen Kenntnis der herannahenden Frostgefahr ist mit Hilfe von Aspirations-Psychrometern[2]) kurz nach Sonnenuntergang der Taupunkt zu bestimmen. Da diese Bestimmung nur Gültigkeit hat für die folgende Nacht, müssen Wetterstationen, Wetterdienst und Wettervoraussage, Nachrichtendienst und Radio für weiterreichende Frostvoraussagen und für schnelle Bekanntgabe herangezogen werden. In den kritischen Nächten wird von den Wetterstationen ein besonderer Frostwarnungsdienst eingerichtet. Über das ganze Frostgebiet verteilte Beobachtungsstationen, die durch Fernsprecher mit der Gesamtleitung in Verbindung stehen, geben die Möglichkeit, an besonders gefährdeten Stellen noch Räucher- oder Heizöfen oder Vernebelungsgeräte, die zu diesem Zweck vorläufig in Reserve gehalten waren, einzusetzen und die gesamte Bekämpfungsaktion sachgemäß zu überwachen und einheitlich durchzuführen. Zur Klärung der Frage nach Art, Entstehung und Auftreten der Fröste und nach der besten und billigsten Art der Frostabwehr, d. h. der vergleichsweisen Prüfung der einzelnen Verfahren auf Brauchbarkeit und nach dem zweckmäßigsten Ausbau der Organisation ist in Deutschland das Institut für Klimaforschung in Trier beauftragt, das diese Aufgaben zusammen mit dem Reichsausschuß für Frostabwehr durchführt.

Hagelabwehr. Als spezielles Fernhaltungsverfahren ungünstiger Witterungseinflüsse sei zum Schluß die Hagelabwehr[3]) gestreift. Durch mechanische Erschütterung (Hagelkanonen, Hagelwetterraketen) sucht man in Hochgebirgsgegenden (Tirol, Schweiz)[4]) die Hagelbildung in Kälteluftbezirken zu verhindern. Da das Verfahren oft versagt — man nimmt an, daß die Raketen die den Hagel bildenden Wolken im allgemeinen nicht erreichen[5]) —, wird es abgelehnt.[6])

---

[1]) Keßler, O. W., Fröste und Frostbekämpfung im Weinbau. Wein und Rebe **10**, 1928, 3—29, 84—90, 116—123; Ders., Die Bekämpfung der Frostschäden. Forschung und Fortschritte (Berlin) **10**, 1934, 86—88.

[2]) Geßner, A., Über die Vorhersage von Strahlenfrösten auf Grund der Taupunktbestimmung. Weinbau und Kellerwirtschaft **8**, 1929, 67—69; Ders., Weitere Versuche zur Vorhersage von Strahlfrösten auf Grund der Taupunktbestimmung. Weinbau und Kellerwirtschaft **9**, 1930, Nr. 1, 2—4; Hugo, Entstehung, Vorhersage und Bekämpfung der Nachtfröste. Erfurter Führer im Obst- und Gartenbau **24**, 1923/24, 2—3, 11, 17—18, 28—30, 36; Wollny, F., Untersuchungen betreffend die Methoden der Versuchsbestimmung der Nachtfröste. Forsch. a. d. Gebiete d. Agriculturphysik **11**, 1888, 133—153; Stummer, A., Schutz der Weingärten gegen Frühjahrsfröste. Wein und Rebe **10**, 1928, 539—549, 10 Abb.

[3]) Geßner, A., Das Problem der Entstehung des Hagels und der Hagelabwehr. Weinbau und Kellerwirtschaft **10**, 1931, 156—157.

[4]) Hagelabwehrraketen in der Schweiz. Der deutsche Weinbau **7**, 1928, 429.

[5]) Bayer, H., Die Hagelwetterbekämpfung mittels Raketen. Das Weinland, 1931, 327—333; Babel, A., Hagelraketen. Der Weinbau 1931, Nr. 9, 234.

[6]) Müller, K., Hagelraketen. Weinbau und Kellerwirtschaft **10**, 1931, 127—128.

### c) Fangmaßnahmen durch Einsammeln.

Als Maßnahmen des Einsammelns und Fangens lassen sich wiederum die verschiedenartigsten Bekämpfungsmethoden zusammenfassen, die von der einfachsten Art des Absuchens und Kescherns bis zum komplizierten Saatreinigungs- und Fangverfahren im Pflanzenschutz verwendet werden. Sind insbesondere die Einsammelmaßnahmen oft mühselig und primitiv, so kommen sie doch für Einzelpflanzen, für wertvolle Kulturen und auch für größere Bestände dann in Frage, wenn billige Arbeitskräfte zur Verfügung stehen und die Bekämpfung mit chemischen Mitteln nicht möglich ist. Der Tätigkeit des Einsammelns muß die sachgemäße Beseitigung oder Vernichtung des eingesammelten Materials (Schädlinge oder erkrankte Pflanzen und Pflanzenteile) folgen.

#### 1. Maßnahmen des Einsammelns.

Zu den Maßnahmen des Einsammelns gehören viele einfache, mit der Hand oder einfachem Handwerkzeug (Baumschere, Raupenschere, Harke) auszuführende Maßnahmen, wie das Ablesen und Auflesen von Schädlingen (z. B. Raupen, Schnecken), das Sammeln von Eigelegen (z. B. des Ringelspinners, Goldafters, Schwammspinners, Kohlweißlings), das Ausschneiden von Raupennestern (Winternester des Goldafters, Nester von Gespinstmotten), das Einsammeln von Bodenschädlingen (Erdraupen, Drahtwurm, Engerlingen, Heuschrecken), das Ausraufen einzelner erkrankter Pflanzen aus größeren Beständen ebenso wie auch die Vernichtung ganzer, völlig verseuchter Kulturen (durch Umbruch oder Ausreißen), die Beseitigung einzelner tiefwurzelnder Unkräuter (z. B. Distel mittels Distelstecher) wie auch jedes mechanische Unkrautjäten selbst, das Ausschneiden befallener oder erkrankter Blüten (Apfelblütenstecher), Blätter und Triebe (Blattläuse, Spargelfliege, Mehltau, Monilia) und Früchte (schorfiges, madiges, moniliabefallenes Obst) usw. Daß diese einfachen Methoden oft von größter Wichtigkeit sein können, sei an einigen Beispielen gezeigt.

Gegen Apfelmehltau versagen bisher alle chemischen Mittel; hier ist das Entfernen der erkrankten Apfeltriebe die einzige erfolgreiche Bekämpfungsmethode, die, ständig sorgfältig durchgeführt, innerhalb einiger Jahre zur Beseitigung von Krankheitsherden führen kann.

Nach Bücher und Fickendey wurden bei der Heuschreckenbekämpfung 1916/17 in Anatolien[1]) rund 7500 t Eipakete mit der Hand gesammelt und dann vernichtet, in Erythräa[2]) konnten im Jahre 1929 in einem Monat von der einheimischen Bevölkerung rund 12000 dz beflügelte, rund 2400 dz Hüpfer und 1000 dz Heuschreckeneier eingesammelt und abgeliefert werden, wofür Sammelprämien gezahlt wurden.

Das Einsammeln als im großen durchgeführte Bekämpfungsmaßnahme ist bei billigen Arbeitskräften und nur in dicht bevölkerten Gegenden möglich; in den Wüstengegenden der Halbinsel Sinai war z. B. das Einsammeln von Heuschrecken zu teuer, im dichtbevölkerten Ägypten[3]) konnte wiederholt durch Aushebung von Arbeitskräften ein erfolgreiches systematisches Einsammelverfahren gegen Heuschrecken durchgeführt werden.

---

[1]) Bücher, H., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monogr. z. angew. Entom. 3. Beiheft z. Ztschr. f. angew. Entom. 1918, 26.

[2]) Erythräa: Wanderheuschrecken. Intern. Anz. f. Pflanzenschutz 4, 1930, 190.

[3]) Ägypten, Wanderung der afrikanischen Wanderheuschrecke. Intern. Anz. f. Pflanzenschutz 4 ,1930, 1902.

Auch die Gefahr, die der ägyptischen Baumwollkultur durch die Baumwollraupe *Prodenia litura* drohte, hat die ägyptische Regierung im Jahre 1936 durch Aufstellen großer Arbeitskolonnen, die die Kulturen systematisch von den Schädlingen durch Ablesen befreiten, erfolgreich bannen können.

Auch in Deutschland ist das Einsammeln im großen verschiedentlich — oft in Akkordarbeit — durchgeführt worden; so wurden im Zittauer Forst 1907 bei der Nonnenbekämpfung 26,7 Millionen Falter und 27 Millionen Raupen und Puppen, für welche 5 Rpf je 1000 Stück bezahlt wurden, gesammelt.[1])

Das Einsammeln wird bei Insekten erleichtert durch Verwendung von Fangschirmen und Fangtrichtern (zur Bekämpfung des Himbeerkäfers), von Fangtüchern und Planen, in welche die Schädlinge (Rüsselkäfer, Maikäfer, Raupen, Afterraupen) durch Abschütteln, Abklopfen der Kräuter und Sträucher oder Schütteln der Bäume gesammelt werden. Selbst gegen Großschädlinge, wie z. B. den Maikäfer, kann das mechanische Einsammeln oft die einzig anwendbare Bekämpfungsart sein. Das Abschütteln erfolgt hier durch Anprellen der Bäume und ihrer stärkeren Äste mit einem mit Stoff umhüllten starken Knüppel in den frühen Morgenstunden, wenn die Käfer durch die nächtliche Abkühlung noch starr sind und sich leicht in die untergebreiteten Tücher fallen lassen. Um einem Kahlfraß durch Maikäfer entgegen zu wirken, ist allerdings eine einheitliche Organisation der Bekämpfung erforderlich.[2]) Bei einer Maikäferbekämpfung im Westhavelland[3]) wurden Arbeitskolonnen gebildet, die aus je einem Führer, einem Schüttler, einem Träger, vier Mann zum Halten des Fangtuches und einem Gespann und einem Kutscher bestanden und denen als Material je zwei Eimer mit Deckel zur Aufnahme der abgeschüttelten Käfer und drei mit Deckeln versehene Fässer mitgegeben wurden, in die die Maikäfer aus den Eimern geschüttet und in denen sie mittels Schwefelkohlenstoff abgetötet wurden. Der Erfolg war das Einsammeln von 345 Zentnern (= etwa 16 Millionen) Maikäfern; die Kosten beliefen sich je Zentner auf etwa 15 RM.

Ernterückstände, die noch Schädlinge enthalten, werden mit Hand- oder Pferdeharke gesammelt, ebenso die in Waldstreu ruhenden Puppen schädlicher Forstinsekten. Die Streu wird vielfach in großen Haufen zusammengeharkt und längere Zeit liegen gelassen, damit die in den Haufen sitzenden Falter am Schlüpfen verhindert werden. Nach F. Schwerdtfeger[4]) ist das Verfahren unter normalen Arbeitsbedingungen zu kostspielig, in der Letzlinger Heide und in Mecklenburg lagen die Kosten zwischen 100 und 400 RM je ha. Schwerdtfeger hält hingegen das Verfahren zur Forleulenbekämpfung für brauchbar, wenn die Streu abgefahren und kostenlos oder gegen geringe Bezahlung an die Bevölkerung (als Stallstreu) abgegeben werden kann.

Als Sammelverfahren mit anschließender Tötung ist auch das tiefe Unterpflügen befallener Pflanzbestände anzusehen (z. B Bekämpfung von Rübenaaskäfer, Getreidelaufkäfer, Getreidefliegen, Rübenfliegen und Rübenblattwanzen,

[1]) Eckstein, K., Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. Berlin 1915.

[2]) Escherich, K., Die Maikäferbekämpfung im Bienwald. Ztschr. f. angew. Entomologie **3**, 1916, 134—156.; Welte, G., Der Maikäfer in Württemberg. Ulmer, Stuttgart 1933.

[3]) Brandrup, G., Die Maikäferbekämpfung des Jahres 1932 in Nußwinkel, Westhavelland. Arb. d. Landw. Kammer f. d. Prov. Brandenburg, Berlin 1932, Heft 47.

[4]) Schwerdtfeger, F., Forleulengefahr — Forleulenbekämpfung. Der deutsche Forstwirt **14**, 1932, Nr. 79.

Eulenraupen usw.). Bei druckempfindlichen Schädlingen (Blattläusen, Blattwanzen usw.) ist das Verfahren brauchbar, nicht aber immer gegen druckwiderstandsfähige Insekten, insbesondere nicht gegen Insekten im Puppenstadium. Bremer[1]) zeigte, daß auch durch tiefes Umpflügen die Schädlinge nicht immer in die gewünschten Tiefen gebracht, sondern ziemlich gleichmäßig innerhalb der vom Pfluge bewegten Erdschicht zu liegen kommen, so daß das Schlüpfen auch der ruhenden Insekten nicht ausreichend verhindert werden kann. Auch das Umhacken und Umpflügen der von Heuschrecken mit Eiern belegten Feldflächen zeigte sich in Ägypten[2]) nicht als ausreichend wirksam, denn es verhindert nicht das Schlüpfen und das Auftreten neuer Hüpfer.

Als Verfahren des Einsammelns sind endlich auch alle die Maßnahmen anzusehen, die eine mechanische Auslese aller kranken Teile aus Pflanz- und Saatgut bei Früchten, Knollen und sonstigem Erntegut ermöglichen. Saatgut und Pflanzgut aller Art werden vor ihrer Verwendung verlesen; aus dem über die Obstsortiermaschine laufenden Obst werden mit der Hand die kranken und befallenden Äpfel entfernt. Aus dem Getreide werden durch Auslesen (Auslesetische, Auslesetücher) Kornkäfer, Raupen der Kornmotte, Raupen und Gespinste der Mehlmotte, Rade- und Schmachtkörner, Unkrautsamen und sonstige Verunreinigungen entfernt; auf dem Prinzip des Absiebens — unter Verwendung von Sieben mit bestimmter Maschenweite — beruhen auch die meisten großen Getreidereinigungsmaschinen (Trieure). Andere Reinigungsverfahren für Getreidesaatgut sind die Windfege oder das Werfen des Getreides mit Schaufeln, bei welchem das leichtere Gewicht der befallenen Körner zur Reinigung von Getreide benutzt wird. Es ist auch versucht worden, das verschiedene spezifische Gewicht des befallenen und nichtbefallenen Getreides durch Abschwemmen oder Abschwingen auszunutzen. Bei der Tauchbeize wird eine solche Trennung durch Abschöpfen der leichteren, auf der Beizflüssigkeit schwimmenden Brandbutten praktisch erreicht; sie ist für den Erfolg der Beizung von großer Bedeutung. Auch von Samenkäfern befallenes oder ausgefressenes Bohnen- und Erbsensaatgut hat man durch Eintauchen in Wasser oder in Flüssigkeit mit bestimmtem spezifischem Gewicht (Salzlösungen) vom gesunden Saatgut zu trennen versucht, doch hat diese Methode bisher noch keine praktische Bedeutung erlangt.

In die Praxis hat jedoch ein anderes Verfahren[3]) Eingang gefunden, bei welchem Klee und Luzernesaat von verunreinigenden Unkrautsamen auf magnetischem Wege gereinigt wird. Das Saatgut wird mit einer eisenhaltigen magnetischen Masse, die an den glatten Kleesamen nicht oder kaum, an den rauhschaligen Unkrautsamen (Kleeseiden, Silene, Spitzwegerich, Melde usw.) jedoch gut haften bleibt, eingestäubt und dann durch eine horizontal gelagerte, drehbare, mit starken Magneten versehene Trommel geschickt, die die Trennungsarbeit vornimmt. Die nicht von der magnetisierbaren Masse eingestäubten

---

[1]) Bremer, H., Ist tiefes Umpflügen der Äcker zur Vernichtung von Feldschädlingen anzuraten? Nachrichtenblatt f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst 5, 1925, 91.

[2]) Ägypten: Wanderung der afrikanischen Wanderheuschrecke. Intern. Anz. f. Pflanzenschutz 4, 1930, 102.

[3]) Fischer, W., Untersuchungen über den Anwendungsbereich des magnetischen Sortierverfahrens in der Feinsaatreinigung. Eigenveröff. der Metallochem. Fabrik A.-G. Berlin W 50.

Kleesamen fallen bald nach unten, während die behafteten Unkrautsamen von der Trommel noch weiter mitgenommen werden und sich am Ende der Trommel, wo die Einwirkung des Magneten aufhört, ablösen und besonders aufgefangen werden. Auch zur Reinigung des Leinsamens von Leinlolch soll das Verfahren geeignet sein.

Der Zweck des Einsammelns ist in der Regel nicht nur die Entfernung der Schädlinge und befallenen und erkrankten Pflanzenteile, sondern auch die Verhinderung einer weiteren Ausbreitung der Krankheiten und Schädlinge. Das Einsammeln muß daher möglichst frühzeitig, bei pilzlichen Erkrankungen vor der Sporenbildung, bei tierischen Schädlingen vor der Eiablage oder vor dem Beginn der Massenvermehrung (Blattläuse, Blutlaus usw.) erfolgen. Die Vernichtung erfolgt am besten durch Verbrennen an Ort und Stelle oder durch tiefes Vergraben, damit nicht das Krankheitsmaterial etwa auf den Komposthaufen und die oft sehr widerstandsfähigen Sporen mit dem Kompost wieder auf das Land gelangen und Neuinfektion bewirken. Die in großer Menge gesammelten Schädlinge (Maikäfer, Heuschrecken usw.) werden zerstampft oder durch Übergießen mit heißem Wasser oder Schwefelkohlenstoff abgetötet; sie geben mit Kalk und Torfmull geschichtet einen vorzüglichen Kompost, auch eignen sie sich als kräftiges Hühner- und Schweinefutter. In Südafrika ist auch gelegentlich versucht worden, die bei der Heuschreckenbekämpfung anfallenden riesigen Mengen toter Tiere industriell auszunutzen, indem sie zur Ölgewinnung (zu Brennzwecken oder zum Antrieb von Motoren) benutzt werden.

Vereinzelt erfolgt das Einsammeln von Schädlingen nicht zum Zwecke der Vernichtung der Tiere, sondern zur Feststellung der Befallstärke. So gehören Sammeln und Auszählen der je Baum vorhandenen Eigelege und Raupen oder der je Flächeneinheit im Boden vorhandenen Puppen im Forst mit zu den wichtigsten Maßnahmen, um über das Auftreten wichtiger Forstschädlinge Vorhersagen anstellen, die Notwendigkeit der Leimung oder der Bestäubung feststellen und die erforderlichen Vorbereitungen für die weiteren Bekämpfungsmaßnahmen treffen zu können. Auch das Sammeln und Auszählen der Puppen von Getreidefliegen, der Kirschfliege usw. durch Aussieben von Bodenproben werden zum Zweck der Prognosestellung durchgeführt.



Abb. 20. Fangtuch zur Feststellung der Wirkung der im Forst angewandten Kontaktmittel. Phot.: Gebr. Borchers, Goslar.

Bei Forstbestäubungen werden an zahlreichen Stellen in ungefähr 1 m Höhe etwa 1,5 m breite und 3 m lange an Pfählen befestigte Fangtücher (Abb. 20) horizontal ausgespannt, um an Hand der Uhr die Zeit des Abfallens der Raupen festzustellen, die Wirkung der angewandten Mittel am Einzeltier genauer beobachten und damit den Erfolg der durchgeführten Bestäubung sicherer beurteilen zu können.

## 2. Maßnahmen des Fangens

Eine weitere Mechanisierung des Einsammelns führt zum Fang, indem Vorrichtungen und Geräte der verschiedensten Art hergerichtet und gebaut werden, die entweder der die Bekämpfung Ausführende zum Einsammeln („Fang“) an die Tiere heranbringt (Netze, Fangflächen usw.) oder bei denen gewisse Lebensgewohnheiten der Tiere (Wandertrieb, Nahrungstrieb usw.) zum Fang ausgenutzt werden.

Die einfachsten Fangapparate sind die mit der Hand zu bedienenden, als „Kescher“ bezeichneten Handnetze. Der aus starkem, nicht rostendem (verzinktem) Eisendraht bestehende Bügel hat zweckmäßig einen Durchmesser von etwa 30 cm, der aus fester Rohleinwand bestehende Sack eine Länge von durchschnittlich 50 cm. Die Keschermethode hat für die Rapsglanzkäfer- und Erdflohbekämpfung praktische Bedeutung erlangt, sie kann jedoch auch bei Vorhandensein billiger Arbeitskräfte für andere Schädlinge, für welche chemische Bekämpfungsmittel nicht oder nur beschränkt zur Verfügung stehen, von großer Wichtigkeit sein. So fing z. B. H. Bremer[1]) mit einem Netz in 23 Minuten von 1½ Morgen Rübenfläche ungefähr 10000 Rübenfliegen. Auch gegen die noch wandernden Stadien der Heuschrecken[2]) wurden in früheren Jahren vielfach einfache Handnetze mit gutem Erfolg angewendet. Gegen Getreidewanzen (*Eurygaster*-Arten) wurde die Verwendung von Netzen in Belgien, in der Türkei und auf Cypern empfohlen.[3]).

Zur Feststellung der Befallstärke haben Börner[4]) und Speyer Einheitsfänge durchgeführt, bei denen die Pflanzen einer der Größe nach bekannten Feldfläche mit kräftigem, mittelschnellem Zuge abgestreift wurden. 30 mit ausgestrecktem Arm von weit rechts nach weit links durchgeführte Einzelzüge von je einer Sekunde Dauer wurden als Einheitsfang angesehen.

Auch Netze größerer Ausmaße werden zur Schädlingsbekämpfung verwendet; so beschreibt O'Kane[5]) als „Power-driven grasshopper catcher“ eine Fahrvorrichtung, die an einem Gestell von 14 Fuß Länge und 2 Fuß Höhe Säcke zum Fang von Heuschrecken besitzt und, an einem Fordwagen angebracht, über die befallenen Felder geführt wird. Auch die von den Arabern benutzten „Mehlhafas“ und die von den Türken verwendeten „Tschartschafs“ (vgl. S. 317) sind große Leinwandstreifen, die über die Felder gezogen werden und in sackartigen Erweiterungen die zusammengebrachten Heuschrecken fangen.[6]) Netze und Fangvorrichtungen allergrößter Ausmaße werden endlich in den Tropen

---

[1]) Bremer, H., Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Rübenfliege. Die deutsche Zuckerindustrie **50**, 1925, 1389—1391.

[2]) Siehe die amtlichen Berichte über Auftreten und Bekämpfung der Heuschrecken im Intern. Anz. f. Pflanzenschutz **4**, 1930, 34ff.

[3]) *Eurygaster*-Arten als Getreideschädlinge in den verschiedenen Ländern. Intern. Anz. f. Pflanzenschutz **4**, 1930, 23ff.

[4]) Börner, C., Beiträge zur Kenntnis vom Massenwechsel (Gradation) schädlicher Insekten. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt **10**, 1921, 405—466.

[5]) O'Kane, W. C., A power-driver grasshopper catcher. Journ. of econ. Entom. **21**, 1928, 201.

[6]) Bücher, H., und Fickendey, E., Bekämpfungsverfahren und Leitsätze für die Bekämpfung, in Bücher, H., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monogr. zur angew. Entom. Nr. 3, 1918 (Beiheft zur Ztschr. für angew. Entomologie).

von den Eingeborenen zum Fang von Elefanten, Antilopen, Wildschweinen und anderem Flurschäden verursachendem Großwild (vgl. Abb. 46, 47 u. 51 auf S. 326) verwandt, die in der Arbeit von Karasek-Eichhorn[1]) und M. de Ryck[2]) unter Beigabe guter Abbildungen beschrieben sind.

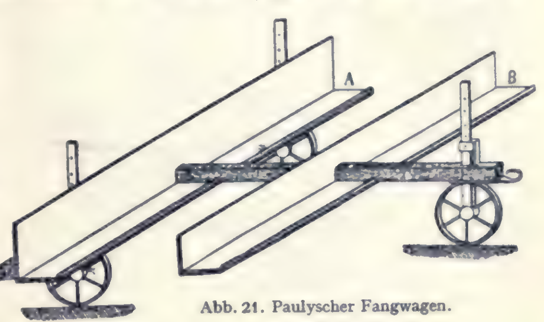
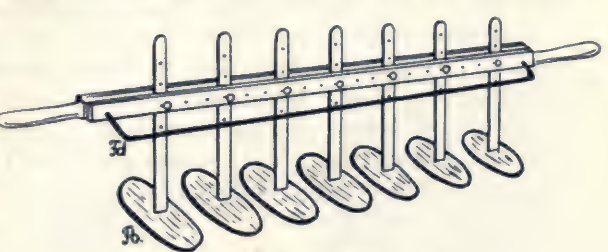


Abb. 21. Paulyscher Fangwagen.

Die Fangwirkung der Netze und Fangvorrichtungen wurde oft dadurch erhöht, daß sie mit Teer, Fliegenleim oder Raupenleim oder sonstigen Klebstoffen bestrichen wurden. Klebflächen in Form von Tennisschlägern wurden zum Fang der Traubenwickler verwendet, eine Methode, die billige Arbeitskräfte (Schulkinder) voraussetzt, und heute — trotz der großen Zahl oft gefangener Falter — durch die chemischen Bekämpfungsmittel längst überholt ist. Größere über das Feld zu tragende oder zu fahrende und Leimflächen führende Fangapparate werden heute noch in mannigfaltiger Ausführung gegen Schädlinge angewendet, die wie die Erdflöhe leicht aufgescheucht werden und abspringen, oder durch Erschütterungen der Pflanzen — bewirkt durch gespannte Drähte oder Anschlagkanten — zum Abfallen gebracht und dabei von der Fangfläche aufgefangen werden (Rapsglanzkäfer, Kohlschabe, Weidenblattkäfer, Rüsselkäfer).[3]) So werden z. B. gegen die Kohlschabe Fangrahmen, gegen Erdflohkäfer u. a. der Paulysche Fangwagen (Abb. 21) und der Sperlingsche Fangapparat (Abb. 22),


Abb. 22. Sperlingscher Fangapparat.

---

[1]) Karasek-Eichhorn, Beiträge zur Kenntnis der Waschenbaa. Baeßler Archiv **3**, Heft 2 und 3.

[2]) de Ryck, M., La chasse chez les „Lalia-Ngolu". Bulletin Agricole du Congo Belge **23**, 1932, 232—257.

[3]) Blunck, H., Versuche zur Bekämpfung des Rapsglanzkäfers mit Fangmaschinen. Ztschr. f. angew. Entom. **10**, 1924, 56—66; Blunck, H., und Hähne, H, Fortschritte in der Bekämpfung von Rapsglanzkäfern mittels Fangmaschinen. Fortschritte der Landwirtschaft **4**, 1929, 197—199; Korff, G., und Flachs, K., Die Erdflöhe und ihre Bekämpfung. Prakt. Blätt. f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz **10**, 1932, 53—60; Günther, O., Schädlinge des Rübenbaus in Spanien. Anzeiger für Schädlingskunde **7**, 1931, 112—116; Baunacke, W., Die Rapsglanzkäfer und ihre Bekämpfung. Die kranke Pflanze **1**, 1924, 64—67; Friedrichs, K., Ein neuer vervollkommneter Apparat zur Bekämpfung von Käfern an Raps. Anz. f. Schädlingskunde **1**, 1925, Heft 7, 73—75; Rostrup, S., und Thompson, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. (Deutsche Übersetzung von Bremer und Langenbuch.) Berlin 1931; Gleisberg, W., Großversuch zur Kohlschabenbekämpfung 1928. Obst- und Gemüsebau **75**, 1929, 2. Buhl, Cl., und Meyer G., Ein neues Gerät zum Rapsglanzkäferfang. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **47**, 1937, 34—38.



Abb. 23. Königs Käferfangwagen.
Nach Ludwigs und Schmidt.



Abb. 24. Tragbarer Hänßlerscher Fangapparat.
Nach Ludwigs und Schmidt.

gegen Weidenblattkäfer der fahrbare Königsche Fangkarren (Abb. 23) und der tragbare Hänßlersche Fangapparat (Abb. 24), in den Vereinigten Staaten gegen Heuschrecken als „Hopperdozer", „Teer-" und „Präriekarren", gegen Blattläuse als „Aphidozer" bezeichnete, mit Fangstreifen und zum Teil mit Abstreifvorrichtung versehene, fahrbare Fangapparate ausprobiert. Die Apparate haben den Nachteil, daß sie — trotz der Unmenge der an den Leimflächen gefangenen Tiere — doch nicht denselben durchschlagenden Erfolg haben wie die Anwendung brauchbarer Insektizide, und daß sie außerdem an den krautartigen Pflanzen oft starke Beschädigungen hervorrufen; endlich sind sie nur zu bestimmter Zeit im Jahre verwendbar und werden dann in einer Menge benutzt, daß ihre Beschaffung zu dieser Zeit und ihre Aufbewahrung während der übrigen Jahreszeit oft große Schwierigkeiten bereiten.



Abb. 25. Leimfangtafel gegen Rübenblattwanze.
Nach G. Nitsche.

Mit Raupenleim bestrichene Flächen werden als „Fangtafeln" (Abb. 25) an bestimmten Stellen aufgestellt, um z. B. die aus den Winterquartieren in die Felder einfallenden Rübenblattwanzen abzufangen. Der Fang wird täglich kontrolliert, und damit wird die Flugzeit der Tiere und der Beginn der Eiablage auf den Kulturflächen oder auf den angelegten Fangstreifen (vgl. S. 319 u. 320) festgestellt. Zeigt die Fangtafel an, daß der Flug nachläßt, so kann mit dem Umbrechen der Fangstreifen begonnen werden.

Auch klebrige, verschmierende und damit erstickende Spritzflüssigkeiten (Öle, Fette, Seifen, Milch, Kalkmilch usw.) werden empfohlen, um auf

Pflanzen[1]) oder auch auf den Boden[2]) aufgespritzt ein Verkleben der Schädlinge zu bewirken. Viele Harze oder Schellak enthaltende Blutlauspinselmittel wirken nach diesem Prinzip, aber auch stärkere Mehlkleister oder Zuckerlösungen werden zur Spinnmilbenbekämpfung verwendet, und auch mit dem aus isländischem Moos herstellbaren Schleim sind Versuche in dieser Richtung angestellt worden.[1])

### d) Fangmaßnahmen durch Anlockung

Mußte bei den vorher behandelten Fangmaßnahmen das Fanggerät von dem die Bekämpfung Durchführenden an die Schädlinge herangebracht werden, so gibt es noch eine große Anzahl von Fangmaßnahmen, die irgendwelche Eigenarten und Gewohnheiten der Tiere ausnutzen, um Anlockung und Fang zu erreichen. Das Schutzbedürfnis, der Wandertrieb, das Flugvermögen, oft zusammen mit dem Trieb zum Licht, der Fortpflanzungs- und der Nahrungstrieb der Tiere werden in vielfacher Form vom Menschen ausgenutzt, um sich seiner Schädlinge zu entledigen. Auch hier ist die Fülle so groß, daß nur Beispiele gebracht werden können.

#### 1. Ausnutzung des Schutzbedürfnisses

Die erste Gruppe dieser Fangmaßnahmen nutzt das Bestreben der Tiere aus, Orte aufzusuchen, an denen sie vor ungünstigen Witterungsverhältnissen, insbesondere während der Wintermonate, Schutz finden. Es sind hier besonders die sog. Fanggürtel oder Madenfallen (Abb. 26) zu nennen; einfache Strohseile, oft von stärkerem Papier bedeckt, alte Lappen, Wellpappe oder käufliche, aus gut geleimter oder geölter Wellpappe bestehende Gürtel, die mittels Schnur um die Baumstämme gebunden werden.



Abb. 26.
Madenfalle („Fanggürtel").

Die Anwendung der Fanggürtel[3]) beruht auf der Annahme, daß die größte Zahl der Obstmaden, gegen welche sich die Gürtel in erster Linie richten, sich beim Verlassen der Frucht abspinnen, auf den Boden gelangen und von dort wieder aufbäumen, um unter Rindenschuppen usw. günstige Winterquartiere zu suchen. Die Madenfallen müssen daher an ihrem unteren Rande dem Baumstamm so locker anliegen, daß sie den heraufkriechenden Maden das Unterschlüpfen ermöglichen, sie müssen an ihrem oberen Rande so fest anliegen, daß ein Verlassen der Madenfalle zur Baumkrone hin nicht möglich ist. Die Madenfallen müssen zeitig, in Deutschland schon Ende Juni bis Anfang Juli, angelegt sein. Es fangen sich an Großschädlingen in erster Linie Obstmade (Abb. 27) und Apfelblütenstecher. In Amerika[4]) hat man aus Wellpappe hergestellte

---

[1]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Auflage. Berlin 1923.

[2]) Strohmeyer, H, Zur Frage der Bekämpfung von Kiefernspanner und Kieferneule. Der deutsche Forstwirt **12**, 1930, 445.

[3]) Börner, C., Über den praktischen Wert der Madenfallen. Arbeiten aus der Kais. Biol. Anstalt **5**, 1906, 142—147.

[4]) Alden, C. H., and Yeomans, M. S., Codling moth control in Georgia. Journ. of econ. Ent. **21**, 1928, 319; Greenslade, R. M. and Massee, A. M., Studies of impregnation of

Fanggürtel mit Betanaphthol und bestimmten Schmierölen getränkt; diese Stoffe sollen die Obstmaden nicht abschrecken, wohl aber ihre Entwicklung so hemmen, daß der größte Teil zugrunde geht. Weitere Versuche, dem Fanggürtel durch einen Außenanstrich mit Raupenleim oder durch Aufstrich von Nikotin- oder Arsenpräparaten eine größere Vielseitigkeit zu geben, sind zwecklos (vgl. S. 292). Um die Fangzahl zu erhöhen, sind alle sonstigen natürlichen Unterschlupfe möglichst zu beseitigen, die Baumstämme müssen von Moosen, Flechten und losen Borkenstücken befreit und die Baumstützen entrindet werden. Ein praktischer Erfolg ist nur dann zu erwarten, wenn die Bekämpfungsmaßnahmen nicht auf den Einzelbesitzer beschränkt bleiben, sondern bezirksweise erfolgen. Die Gürtel sind in Gegenden mit zwei Obstmadengenerationen schon im Juli, sonst zum erstenmal an einem kühlen Septembertage abzunehmen; die schädlichen Insekten werden vernichtet, die nützlichen freigelassen. Die Gürtel selbst werden sofort wieder umgelegt und im November endgültig abgenommen und nach Freilassen der Nützlinge verbrannt oder im Backofen etwa ½ Stunde erhitzt. Die Beurteilung der Fanggürtel ist sehr verschieden. Einerseits wird in der Literatur über große Fangzahlen berichtet. So fand Speyer[1]) unter einem Fanggürtel 200—400 (einmal 560) Apfelblütenstecher, und er berechnet, daß bei Annahme eines Durchschnittsfanges von 200 Käfern (davon 100 Weibchen, von denen jedes etwa 60 Eier legt) man mit Hilfe der Fanggürtel 6000 Blütenknospen erhalten würde. Eine deutsche Pflanzenschutzstation zählte in 40 Fanggürteln etwa 1800 Obstmaden. Nach den Erfahrungen in Süd-Indiana[2]) lassen sich, wenn alle losen Rindenstücke und sonstigen Unterschlüpfgelegenheiten (Moose, Flechten) entfernt sind und die Fanggürtel häufiger nachgesehen werden, 80% aller Obstmadenlarven vernichten. Von anderen Autoren[3]) wird hingegen geltend gemacht, daß die Voraussetzung für die Anwendung des Fanggürtels, der größte Teil der Obstmaden gelange durch Abspinnen oder mit dem Fallobst auf den Boden und bäume wieder auf, falsch sei. Nach ihrer Ansicht werden nur etwa 25% aller Obstmaden in den Fanggürteln gefangen, und da die natürliche Sterblichkeitsziffer der Obstmade sehr hoch sei, kann die wirkliche Abtötungsziffer der Fanggürtel nur auf 10—12% berechnet werden. Auch daß die Fanggürtel außer schädlichen noch in großer Menge nützliche Tiere (Spinnen, Marienkäfer usw.) fangen — über die Fauna der Madenfallen berichteten besonders Speyer[4]) und Gleisberg[5]) — wird ihnen zum Nachteil angerechnet. Wo man also von der Tätigkeit der Marienkäfer sich Nutzen verspricht (in Gegenden mit starkem



Abb. 27. Abgenommener und auf der Innenseite mit Obstmaden besetzter Fanggürtel (B. R. A.).

tree banding materials. East Malling Res. Stat. Ann. Rep. for 1934 (May 1935), 180—184, and 1935 (May 1936), 177—183.

[1]) Speyer, W., Beitrag zur Bekämpfung des Apfelblütenstechers mit Hilfe von Fanggürteln. Die kranke Pflanze **9**, 1932, 96—99.

[2]) Steiner, L. F., and Marshall, G. E., Four years experiments with chemically treated codling moth bands. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 1146—1151.

[3]) Lehmann, H., Neue Betrachtungen zur Frage der Obstmadenfallen (Fanggürtel). Anz. f. Schädlingskunde **1**, 1925, 101—103.

[4]) Speyer, W., Fanggürtel an Obstbäumen. Mitt. Dtsch. Landw. Ges. **48**, 1933, 573—574.

[5]) Gleisberg, W., Zur Madenfallenfauna. Dtsch. Obst- und Gemüsebau-Zeitung **70**, 1924, 151—152.

Blutlaus- und Blattlausauftreten), sollte man nach Speyer[1]) auf Fanggürtel verzichten oder dieselben schon Anfang September unter Schonung der Nutztiere abnehmen und vernichten.

Als Beispiel für weitere Fangmöglichkeiten durch künstliche Überwinterungsstätten sei auch hier auf die ½—1 m tiefen, mit Pferdedung und Pflanzenabfällen gefüllten und mit Erde überdeckten Gruben hingewiesen, die zur Anlockung der Engerlinge in Gärten im Herbst angelegt, zeitig im Frühjahr (Februar bis März) geöffnet und von Engerlingen gesäubert werden.

## 2. Ausnutzung des Wandertriebes

Der Wandertrieb kann zum Fang dann ausgenutzt werden, wenn vom Schädling größere Strecken kriechend zurückgelegt werden. In der einfachsten Form wird der Fang in der Art durchgeführt, daß Blumentöpfe, glasierte Töpfe (vgl. auch S. 323) oder Blechdosen bis zum oberen Rand in den Erdboden eingelassen werden und die Tiere (Maulwurfsgrillen, Feldmäuse usw.) bei ihren Wanderungen in diese hineinfallen. Größere Fanglöcher dienen zum Fang von Eulenraupen. Durch Fanggräben (Abb. 28) schließt man Befallsherde von Tipula, Eulenraupen, Rüsselkäfern usw. ein, um eine weitere Ausbreitung zu verhindern und die weiter wandernden Tiere abzufangen. Die Gräben müssen eine genügende Breite (ungefähr 20 cm) und eine ausreichende Tiefe (ungefähr 30 cm) und senkrechte Wände besitzen, um ein Entweichen der Tiere zu verhindern. Bei starkem Auftreten und reichem Fang wird in Abständen von 5—10 m die Grabensohle noch weiter zu tieferen, steilwandigen Gruben (bis zu 1 cbm Größe) erweitert, in welchen die auf der Grabensohle weiter wandernden Tiere sich dann ansammeln. Die eingefangenen Insekten werden gesammelt und an Hühner verfüttert oder durch Zertreten oder Zerstampfen oder durch Flammenwerfer[2]) getötet oder aber die Grabensohle und die Fanggruben werden mit ätzenden Stoffen (Kainit, Ätzkalk, Kalkstickstoff) oder mit Gift-



Abb. 28. Mit Fanggrabenpflug der Firma Rud. Sack, Leipzig, ausgeworfener Fanggraben. Phot.: Rud. Sack.

[1]) Speyer, W., Die an der Niederelbe in Obstbaumfanggürteln überwinternden Insekten. I. bis V. Mitteilung. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **43**, 1933, 113—138, 517—533. **44**, 1934, 321—330, 577—585. **45**, 1935, 433—462.

[2]) Neuwirth und Blattny, Die Bekämpfungsversuche an Rüsselkäfern auf den Staatsgütern Südmährens im Jahre 1934. Ztschr. f. d. Zuckerindustrie der CSR. (Prag) **59**, 1935, 281—284; Graf Bela, Die Lebensweise der Rübenkäfer und ihre zeitgemäße Vertilgung. Wiener landw. Ztg. **81**, 1931, 58—60, 3 Abb.

ködern (Arsenreisig[1]), Arsenkleieköder, sonstige Arsenköder) bestreut, an denen die Schädlinge eingehen. Die Bewertung der Methode ist je nach den Erfahrungen, die man machte, verschieden und hängt weitgehend von dem durch Nahrungsmenge, Temperatur und sonstige Witterungsbedingungen bedingten Wandertrieb der Schädlinge ab. So berichtete, um nur einige Beispiele anzuführen, Butovitsch[2]), daß von einer 4 ha großen mit Fanggraben umzogenen Fläche 180940 *Hylobius abietis* gefangen wurden, und er hält das Verfahren für billig und sehr erfolgreich. Auch Berwig[3]) berichtete, daß Fanggruben 1890 in Grafenwöhr zur Rettung von Waldbeständen vor der Forleule mit gutem Erfolg angewendet wurden und daß selbst in nicht kahl gefressenen Beständen die Forleulenraupen in den mit Wasser gefüllten Gräben massenhaft zugrunde gingen. Trotzdem muß man sagen, daß bei dem hohen Stand, den die Kontakt- und Fraßgifte heute erreicht haben, Fanggräben nur noch wenig verwendet werden, da sie bei den meisten und in der Regel ausgedehnten Schädlingskalamitäten und den unzähligen Raupenmassen kaum eine Verminderung, geschweige denn eine Vertilgung der Schädlinge erzielen können[4]) und auch noch eine Menge nützlicher Tiere vernichten.[5]) In Deutschland werden daher Fanggräben zur Zeit wohl als brauchbare, jedoch meist nur zusätzliche Maßnahme angesehen; sie werden in erster Linie gegen bestimmte Schädlinge (Erdraupen, Getreidelaufkäfer, Rüsselkäfer usw.) angelegt, gegen welche die Verwendung chemischer Mittel Schwierigkeiten bereitet oder nur geringen Erfolg verspricht. K. R. Müller[6]) konnte z. B. mit dem Fanggrabenverfahren gute Erfolge gegen Getreidelaufkäfer erzielen; die in Blechdosen, die in der Grabensohle eingelassen waren, sich in großen Mengen ansammelnden Käfer und Larven wurden durch Einstreuen von Kalkstickstoff, Thomasmehl oder Superphosphat vernichtet. Das Verfahren erwies sich, da ein Arbeiter in einer Stunde etwa 40 m Graben herstellen kann, als billig.

In ausgedehntem Ausmaße ist der Wandertrieb der noch flügellosen Heuschrecken ausgenutzt worden.[7]) Da die Heuschrecken jeder Angriffsbewegung seitlich ausweichen, können Heuschreckenschwärme durch Eingeborene, die spiralförmig von außen den Schwarm umkreisen, zusammengetrieben werden. Die zusammengedrängten Tiere werden mit Füßen zertreten, mit belaubten Zweigen erschlagen, in Gräben gedrängt oder auf Tücher getrieben, in denen sie durch Zusammenschlagen gefangen und dann zerdrückt werden. In der

[1]) Butovitsch, V., Beiträge zur Bekämpfung und Biologie des großen braunen Rüsselkäfers, *Hylobius abietis*. Mitt. a. Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft **2**, 1931, 434—480.

[2]) Butovitsch, V., Die Bekämpfung des großen braunen Rüsselkäfers. Silva **19**, 1931, Nr. 49, 387—390.

[3]) Berwig, W, Die Forleule in Bayern. Forstwiss. Centralbl. **48**, 1926, 165—181, 209—216, 259—267, 293—297, 318—328.

[4]) Sachtleben, H., Die Forleule, *Panolis flammea Schiff.* Monogr. zum Pflanzenschutz Nr. 3, Berlin 1929.

[5]) Tempel, W., Bei Anlegen von Fanggräben keine Nützlinge vernichten! Die kranke Pflanze **11**, 1934, 99—100.

[6]) Müller, Kurt R., Zur Bekämpfung des Getreidelaufkäfers. Die kranke Pflanze **12**, 1935, 77—79.

[7]) Bücher und Fickendey, Bekämpfungsverfahren und Leitsätze für die Bekämpfung. Monogr. zur angew. Entom. Nr. 3, 1918. (Beiheft zur Ztschr. f. angew. Entomologie.)

Türkei wurden besondere, in der Mitte mit einem Schlitz und einem angenähten Sack versehene schwarze oder dunkel gefärbte Tücher von dreimal 5 m Größe, die sog. „Tscharschafs" verwendet; die auf das Tuch aufgetriebenen Heuschrecken werden durch Hochnehmen des Tuches durch den Schlitz in den Sack geschüttelt und dann vernichtet. Bei sachgemäßer Anwendung der Methode kann man nach den Erfahrungen von Bücher und Fickendey mindestens 75% der Larven vernichten, wiederholt man das Verfahren, sobald sich die Tiere wieder gesammelt haben, so erreicht man eine praktisch vollständige Vernichtung.

Auch Gräben, die man möglichst mit Wasser füllt und mit Petroleum überschüttet, werden zur Vernichtung der Heuschreckenschwärme verwendet. Die Zuleitung der Schwärme zu den Gräben und Fanggruben hat man sich dadurch erleichtert, daß man anfangs Leinwandstreifen, später Zinkblechwände so aufstellt, daß die Hüpfer an ihnen entlang zu den Gräben und Gruben getrieben werden können.[1]) Bald aber nutzte man den natürlichen Wandertrieb der Hüpfer aus, indem man die Zinkbarrieren quer zur Marschrichtung den anmarschierenden Heuschreckenschwärmen als Hindernis so entgegenstellt, daß sie an ihnen entlang wandern und dabei in die in gewissen Abständen an den Wänden angelegten Fanggruben geraten müssen. Diese Zinkwände wurden zum ersten Male im Jahre 1862 auf Cypern angewendet und führten zur Säuberung der Insel von Heuschrecken; sie werden daher als „cyprische Geräte" oder „cyprische Wände" bezeichnet. Sie werden aus einzelnen ungefähr 2 m langen und 40 cm hohen Zinkplatten schnell zusammengestellt, die dicht aneinanderschließen und etwas in die Erde gelassen werden, so daß sie als 30 cm hohe, steile glatte Blechwand den Hüpfern ein Übersteigen oder Überspringen nicht gestatten. Da künstliches Treiben den geschlossenen Wanderzug der Heuschrecken stört und auflöst und zur Ausbreitung der Hüpfer führt, läßt man den Schwarm unbeeinflußt marschieren und von selbst in die Gruben laufen.

Das Barrierenverfahren rechnet mit dem instinktmäßigen Einhalten der Wanderrichtung, die die Tiere einmal eingeschlagen haben. Es ist daher nur in ebenen, wenig gegliederten Gegenden möglich, wo keine Unregelmäßigkeiten eine Änderung der Marschrichtung veranlassen; in Gebirgsgegenden ist das Treib- und Barrierenverfahren nicht anwendbar.

Die Gesamtlänge der Zinkwände richtet sich nach der Ausdehnung der Schwärme. In Argentinien wurden Zinkwände von mehr als 500 km Länge aufgebaut und innerhalb von 2 Monaten konnten mit ihrer Hilfe Tausende von Tonnen von Heuschrecken vernichtet werden.

## 3. Ausnutzung des Lichttriebes

Der vielen Insekten eigene Trieb, bei Dunkelheit Lichtquellen zuzustreben, gab Veranlassung, diesen Trieb durch Konstruktion von Fanglampen und Lichtfallen der Schädlingsbekämpfung nutzbar zu machen.[2])

---

[1]) Uvarov, B. P., Locusts and grasshoppers. Imp. Bur. Entom. London 1928, 352 S., 118 Abb., 10 Tafeln (Literatur).; Raum, Otto F., Die Heuschreckenplage in Ostafrika und ihre Bekämpfung. Anz. f. Schädlingskunde **6**, 1930, 52—58; Morstatt, H., Die Bekämpfung der Heuschreckenplagen. Der Tropenpflanzer **37**, 1934, 413—419.

[2]) Demoll, R., Die bannende Wirkung künstlicher Lichtquellen auf Insekten. Biol. Zentralblatt **37**, 1917, 503—506; Theobald, F. V., Insects caught in light traps. Journ. Royal Hort. Soc. **51**, 1926, 314—323; Andrews, H. E., Moth-trap experimences. Entomology **64**, 1931, 86—90. Ref.: Neuheiten a. d. Gebiete des Pflanzenschutzes, 1931, 188; Williams, C. B., An improved light trap for insects. Bull. of Entom. Research **15**, 1924, 57—60, 2 Abb.; Dewitz, J., Über Fangversuche mittels Azetylenlampen an den Schmetterlingen von *Tortrix pilleriana*. Ztschr. f. wissenschaftl. Insektenbiologie **1**, 1905, 106; Criddle, N., Light traps as a means of controlling insect pests. Canadian Entom. **50**, 1918, 73—76; Forbes, W. T. M., Trap lantern record at Ithaca. Canadian Entom. **55**, 1923, 151—158, 176—184; Turner, W. B., Lepidoptera at light traps. Journ. Agric. Research **18**, 1920, S. 475; Strickland, G. H., Poisoned molasses for the destruction of noctuid moths. Journ. of econ. Entom. **15**, 1922, 214.

Künstliche Lichtquellen üben dann erst einen Einfluß auf die Tiere aus, wenn diese ihre Umgebung nicht mehr erkennen können und dann vom Licht gebannt und geblendet werden. Künstliche Lichtquellen müssen also am Tage und in mondhellen Nächten versagen Für das „Sich-ins-Licht-Stürzen" ist also weniger das Licht, sondern die Dunkelheit der Umgebung maßgebend.

Die Verwendung von Fanglaternen ist eines der ältesten Verfahren zur Bekämpfung fliegender Insekten. Schon 1787 wandte der Abbé Roberjot[1]) Lichtfallen zum Fang der Traubenwickler an; auch in Deutschland versuchte man noch vor Jahrzehnten mit Erfolg Fanglaternen im Weinbau anzuwenden, und zahlreiche Fabriken brachten damals die verschiedensten Konstruktionen von Fanglaternen in den Handel.[2])

Außer der Lichtquelle mußten diese Fanglaternen auch Vorrichtungen zum Fang oder zur Abtötung der angelockten Insekten aufweisen, die in mit Leim bestrichenen Drähten, Drahtnetzen oder Glasfenstern, in mit elektrischem Strom geladenen Drähten (vgl. S. 330) oder in einem unter der Lichtquelle angebrachten, mit Wasser, Petroleum usw. gefüllten Behälter bestanden.[3]) Auch Leimringen (s. S. 292) versuchte man leuchtende Eigenschaften zu geben (fluoreszierende Raupenleime, Leuchtklebebänder, Leuchtklebeglocken), indem man unter anderem gechlorte Paraffine als Klebemittel und Sulfide der Erdalkalien, die von den Paraffinen nicht angegriffen werden, als Leuchtmasse verwendete; auf die Wertlosigkeit dieser Maßnahmen wurde schon auf S. 292 hingewiesen. Gegen Forstschmetterlinge wurden anfangs offene Feuer und Bogenlampen, später große Scheinwerfer (gegen Nonne) benutzt und dicht dabei große Exhaustoren gestellt, die die angelockten Falter einfangen sollten.[4]) Auch einfarbiges Licht wurde wiederholt versuchsweise angewandt und je nach dem Ausfall der Versuche wurde bald gelbes, bald das blauviolette Licht der Quecksilberdampflampen als besonders falterlockend empfohlen. Nach Wardle und Buckle[5]) fingen sich bei weißem Licht 33,3 %, bei gelbem Licht 21,3 %, bei grünem Licht 13,8 %, bei orangem Licht 13 %, bei rotem Licht 11,5 %, bei blauem Licht 3,9 % und bei violettem Licht 2,2 %. Nach H. Martin[6]) soll in der Weinbaupraxis Azetylenlicht bevorzugt werden. Diffuses Licht soll im allgemeinen besser locken als strahlendes Licht.

Mit Hilfe von Fanglaternen und Scheinwerfern sind schon riesige Mengen von Faltern gefangen worden[7]), konnten doch z. B. nach Rasser 1911 im Zittauer Forst durch Scheinwerfer in einer Nacht 30 kg Falterleichen, nach Dingler 1908 in dem gleichen Forst 140000 Falter, gesammelt werden. Trotzdem hat sich das Verfahren im allgemeinen aus folgenden Gründen nicht bewährt:

1. Es ist selbst bei Verwendung kleiner Fanglampen wegen der dauernden Kontrolle umständlich und kostspielig.

---

[1]) Martin, H., The scientific principles of plant protection. London 1928 (Literatur!).

[2]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1923 (Literatur!).

[3]) Manschke, R., Elektrische Schädlingsbekämpfung. Die kranke Pflanze **11**, 1934, 92—93; Baunacke, W, Schädlingsbekämpfung durch Elektrizität. Deutsch. Landw. Presse **48**, 1921, 763, 3 Abb.; Blume, E., Ein neuer Lichtfangapparat. Ztschr. f. wissensch. Insektenbiologie **10**, 1914, 243.

[4]) Rasser, E. O., Die Bekämpfung der Nonne, *Lymantria monacha*, und anderer Forstschädlinge nach dem heutigen Stande der Wissenschaft. Zool. Beobachter (Der zool. Garten) **56**, 1915, 19, 45, 75, 94; Komarek, J., Kalamita mniskova a polyedricka nemoc. Casop. ceskosl. spolecu. entom. (Prag) **8**, 1921, 6—10 (Ref.: Ztschr. f. Krankheiten **33**, 1923, 148); Krutzsch, Die Nonne und ihre Bekämpfung in den Privatwäldern des Freistaates Sachsen nach dem Falterflug 1922. Sächs. landwirtsch. Ztg. vom 21. 10. 1922, Nr. 42; Weißwange, E. A. G., Der Kampf gegen die Nonne. Darstellung der großen Nonnenkalamität und der Bekämpfungsmaßnahmen in den Zittauer Stadtforsten 1906—1910. Neudamm 1914.

[5]) Wardle, R. A., and Buckle, Ph., The principles of insect control. Manchester 1923 (Literatur!)

[6]) Martin, H., The scientific principles of plant protection. London 1928 (Literatur!).

[7]) Heß-Beck, Forstschutz. Bd. 1: Dingler, M., Schutz gegen Tiere. Neudamm 1927. (Dort auch Angaben über Anwendung, Erfolge, Bewertung des Verfahrens; Literatur.)

2. Es ist am Tage und nachts bei Vollmond, Wind und Regen unwirksam. Günstig sind mondscheinfreie, warme, windstille Nächte.

3. Es lockt und tötet neben schädlichen auch nützliche Insekten.

4. Nicht alle Falter sind positiv heliotrop; es konnten wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Lepidopteren-Familien und sogar Abhängigkeit des Fangergebnisses von den Tages- bzw. Nachtstunden festgestellt werden (Dewitz, Turner, Theobald).[1])

5. Von den gefangenen Tieren überwiegen oft bis zu 97% die Männchen, während die vor der Eiablage sehr flugträgen oder sogar fluguntüchtigen Weibchen zur gleichen Zeit ungestört ihre Eier ablegten und erst nach Beendigung der Eiablage oder überhaupt nicht gefangen wurden (Krutzsch, Criddle, Strickland, Theobald u. a.).[1]) Auch das Verhältnis der Zahl der gefangenen Männchen zu der Zahl der Weibchen soll von den Tagesstunden abhängig sein.

Wenn auch — für besonders geartete Fälle, z. B. gegen Mücken und Fliegen im Champignonzuchtraum[3]) oder gegen die Olivenmotte in Griechenland[4]), meist allerdings in Ermangelung besserer Bekämpfungsmaßnahmen — das Fanglampenverfahren gelegentlich noch genannt wird, so ist es doch für die Praxis zur Zeit bedeutungslos und durch die wirksamen modernen Bekämpfungsverfahren (Spritz- und Stäubemittel, Giftköder) ersetzt worden.

## 4. Ausnutzung des Bruttriebes

Die Ausnutzung des Bruttriebes finden wir in allen jenen Bekämpfungsmaßnahmen, die den Schädlingen künstliche oder natürliche Brutgelegenheiten darbieten, um zur rechten Zeit die Brut zu vernichten. So werden für die Sperlinge[5]) künstliche Nisthöhlen („tönerne Spatzenfallen", Abb. 29) aufgehängt, für die Ameisen[6]) in Gärten werden umgestülpte Blumentöpfe zur Ausführung von Nestern aufgestellt, für die Fritfliege, Rübenfliege, Rübenblattwanze[7]) und viele andere Schädlinge werden die betreffenden Wirtspflanzen in Fangstreifen angebaut, und es wird mit dem Umbruch und der Vernichtung dieser Streifen so lange gewartet, bis die Eiablage an den Fangpflanzen beendet ist. Zur Bekämpfung der Borkenkäfer[8]) im Forst haben sich Fangbäume bewährt: Im befallenen Revier werden vor der Schwärmzeit der Käfer einzelne



Abb. 29. Tönerne Sperlingsfalle. Nach M. Schwartz.

---

[1]) Literatur s. S. 317—318

[3]) Thomas, C. A., Observations on mushroom insects. Journ. of econ. Entom. **25**, 1932, 322—331.

[4]) Griechenland: Krankheiten und Schädlinge der Kulturpflanzen. Intern. Anzeiger für Pflanzenschutz **4**, 1930, 166—167.

[5]) Schwartz, M., Gegen die Sperlingsplage. Flugblatt Nr. 65 der Biologischen Reichsanstalt, Berlin-Dahlem; Baunacke, W,, Zur Sperlingsplage. Die kranke Pflanze **3**, 1926, 146—148, 164—169; Berlepsch, H. v., Die Sperlingsvernichtung. Deutsche Landw. Presse **51**, 1924, 209.

[6]) Kaiser, P., Vertilgungsmittel für Ameisen im Garten. Gartenflora **77**, 1928, 253; Ritter, L. W., Gegen das Beet durchwühlende Ameisen. Erfurter Führer **30**, 1929, 211.

[7]) Nitsche, G., Die Rübenwanze und ihre Bekämpfung. Mitt. f. d. Landwirtschaft **51**, 1936, 251; Mayer, K., Bekämpfung der Rübenwanze durch Fangstreifen. Ebenda **51**, 1936, 331—332.

[8]) Sedlaczek, W., Studien an Fangbäumen zur Bekämpfung der Borken- und Rüsselkäfer. Zentralbl. f. d. ges. Forstw. **48**, 1922, 185—207; Klimesch, J., Fangbäume — Fang-

stärkere Bäume gefällt und bleiben, vor zu schneller Austrocknung durch direkte Sonnenbestrahlung geschützt, im Bestand liegen. Ihre Fängigkeit sucht man oft durch Streifenschälung oder Beringelung (stärkerer Harzgeruch!) zu erhöhen. Bei größeren Fangbaummengen ist es ratsam, die Stämme gleich nach dem Fällen bis auf 10 cm Zopfstärke zu entästen. Die Fangbäume sind laufend auf Entwicklungsgang der Brut zu untersuchen. Ist die erste verpuppungsreife Larve beobachtet worden, muß mit dem Schälen der Bäume sofort begonnen werden. Ebenso ist Schälen und Entfernen des Schlagabraums und Entfernen aller kranken und befallenen Bäume erforderlich. Nach Trägardh und Butovitsch war der Erfolg 1932 in Schweden durchschlagend: „dort, wo Fangbäume geworfen wurden, ist kein einziger stehender Stamm angegriffen worden".

Der mit dem Bruttrieb verbundene Paarungstrieb wird in eigenartiger Weise durch den Vorschlag des Engländers Rodier, Melbourne,[1]) bekämpfungstechnisch ausgenutzt, der bei Ratten, Wildkaninchen, Sperlingen usw. in erster Linie nur den Abschuß der Weibchen vorsieht, damit eine möglichst große Überzahl von Männchen erreicht wird, die dann im Sommer die Weibchen ständig verfolgen und sie am Austragen der Jungen bzw. am Brutgeschäft stören. Die in Überzahl vorhandenen Männchen sollen bei Kaninchen auch Unfruchtbarkeit der Weibchen verursacht und die wenigen Jungen noch teilweise aufgefressen haben. Mit diesem als „Rodier-System" oder K.O.F.-Methode *(kill only females)* bezeichneten Verfahren will der Entdecker innerhalb von 20 Jahren in Australien ein Areal von 64000 Acres von Kaninchen gesäubert haben.[1]) Die Brauchbarkeit des Verfahrens wird vielfach bestritten.

## 5. Ausnutzung des Nahrungstriebes

Zur Ausnutzung des Nahrungstriebes zum Fang und zur Vernichtung von Schädlingen werden Pflanzen, die als Nährpflanzen in Frage kommen, angepflanzt oder Pflanzenteile zur Anlockung ausgelegt, oder aber es werden als Leckerbissen dienende Köder in besonderen Fang- und Vernichtungsgeräten ausgelegt. Bodeninsekten aller Art (Engerlinge, Drahtwürmer, Erdraupen), aber auch Asseln, Tausendfüßler, Schnecken, Kartoffelkäfer, Rübenblattwanzen usw. werden durch den Anbau von Salat, Hafer, Rüben, Mohn, Senf, Raps oder sonstige Nährpflanzen oder durch Auslegen von Kartoffel- und Mohrrübenstückchen, Kleepflanzen, Salat- und Kohlblätter usw. angelockt und durch laufende Kontrolle und Auflesen eingesammelt und vernichtet. Die in Gärten und Saatbeeten zum Fang einzeln ausgepflanzten Salatpflanzen werden, sobald sie welken, vorsichtig mit der Erde aus dem Boden herausgenommen und die angelockten Schädlinge entfernt. Auf dem Felde zur Bekämpfung von Nematoden, Rübenblattwanzen usw. als Fangstreifen und Fangflächen angebrachte Nährpflanzen, die in vielen Fällen auch für die Eiablage und die

---

schläge. Wiener Allg. Forst- u. Jagdzeitung **41**, 1923, Nr. 28 u. 31; Trägardh, I., und Butovitsch, V., Bericht über die Bekämpfungsaktion gegen Borkenkäfer nach den Sturmverheerungen 1931—1932. Meddelander fran Statens Skogsförsöksanstalt **28**, 1935, Nr. 1, 1—268; Eckstein, K., Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. 2. Aufl. Berlin 1915; Heß-Beck, Der Forstschutz. I. Bd.: Dingler, Schutz gegen Tiere. 1927.

[1]) Koller, R., Das Rattenbuch. Verl. Schaper, Hannover 1932, S. 56—59.

kommende Generation als Wirtspflanze dienen (vgl. S. 319), werden nach Zu- und Einwanderung der Schädlinge umgepflügt oder auch durch Hitze (Flammenwerfer) oder chemische Mittel vernichtet. Durch Auslegen von Kartoffelstückchen in 5—10 cm Bodentiefe konnte Hollrung[1]) auf einer Fläche von 6250 qm in 6 Lesen rund 123000 Stück Drahtwürmer sammeln. Das Verfahren ist trotz der damit verbundenen Arbeit der täglichen Kontrolle oft dem Auslegen vergifteter Köder vorzuziehen, da Giftköder von den Tieren häufig nicht gern angenommen oder gänzlich gemieden werden. Außer dem Kühnschen Fangpflanzenverfahren[2]) kann zur Bekämpfung der Rübennematoden auch der Verwendung bestimmter Reizstoffe (Extrakte der Nährpflanzen, Ameisensäure, Zitronensäure, Alanin usw.) in sehr verdünnten Lösungen in Zukunft besondere Bedeutung zukommen[3]), die in ähnlicher Weise wie die Nährpflanzen auf die in den Dauerzysten ruhenden Nematoden einen Reiz ausüben um sie zum Verlassen der Zysten anzuregen. Wird das Verfahren zu einer Zeit ausgeführt, in der keine befallsfähigen, jungen Wurzeln zur Verfügung stehen, so ist mit dem Absterben der Nematoden zu rechnen. Die als „Aktivierungsverfahren" bezeichnete Maßnahme hat noch keine praktische Bedeutung, da es mit den zur Zeit bekannten Reizstoffen noch nicht gelingt, alle Larven zum Schlüpfen zu bringen, da weiterhin die verschiedenen Heteroderenrassen sich reizphysiologisch nicht einheitlich verhalten und auch längere Zeit ohne geeignete Wirtspflanze im Boden leben können und da endlich die bisher bekannten Stoffe für den Feldbau wirtschaftlich nicht tragbar sind.

Gegen den großen braunen Rüsselkäfer *Hylobius abietis*[4]) hat sich das Auslegen von Fangrinden (saftige, 20—30 cm große, mit Steinen oder Grasplaggen beschwerte Rindenstücke, 60—120 Stück je ha, Abb. 30), Fangknüppeln (Abb. 31) oder Fangkloben (bis ca. 1 m lange, 8—10 cm starke, dünnrindige, frische Aststücke, 30—60 je ha), Fangreisig (armlange, etwa schenkelstarke Bündel aus frischem Kiefern- und Fichtenreisig) oder besonderer auf Massenfang eingerichteter und daher das tägliche Absammeln ersparender Rüsselkäfer-

---

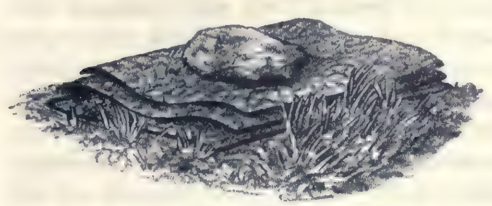
[1]) Hollrung, s. S. 313.

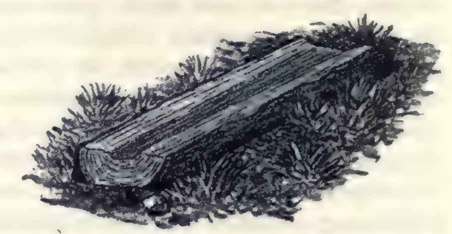
[2]) Müller, H. C., und Molz, E., Weitere Versuche zur Bekämpfung der Rübennematode mittels des abgeänderten Fangpflanzenverfahrens. Landw. Jahrbücher **54**, 1920, 745—768; Godfrey, G. H., and Hoshino, H. M., The trap crop as a means of reducing root-knot nematode infestation. Phytopathology **24**, 1934, 635—647; Godfrey, S. H., and Hagen, H. R. A., A study of the root-knot nematode Trap Crop under Field Soil conditions. Phytopathology **24**, 1934, 648—658;

[3]) Baunacke, W., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung der Rübennematoden *Heterodera Schachtii Schmidt*. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt **11**, 1922, 185—288, 5 Taf.; Rensch, B., Zwei quantitative reizphysiologische Untersuchungsmethoden für Rübennematoden. Ztschr. f. wiss. Zool. **123**, 1925, 488—497; Nebel, B., Ein Beitrag zur Physiologie des Rübennematoden *Heterodera Schachtii* vom Standpunkt der Bekämpfung. Kühn-Archiv **12**, 1926, 36—101; Goffart, H., Über die künstliche Reizbeeinflussung des Rübennematoden *(Heterodera Schachtii)*. Fortschritte der Landw. **6**, 1931, 579—583; Triffitt, M. J., Experiments with the root-excretions of grasses as a possible means of eliminating *Heterodera Schachtii* from unfested soil. Journ. Helminth **12**, 1934, 1—12. (Ref.: Ber. wiss. Biol. **29**, 747.)

[4]) Heß-Beck, Forstschutz. 1. Bd.: Dingler, M., Schutz gegen Tiere. Neudamm 1927; Eckstein, K., Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. Berlin 1915.

fallen (die durch eine nach Harz duftende Flüssigkeit angelockten Käfer fallen in einen meist mit Wasser gefüllten Sammelbehälter) bewährt. Alle diese Verfahren verursachen durch häufige Kontrolle und häufige Erneuerung mühsame und kostspielige Arbeit und erfassen doch immer nur einen Bruchteil der auf der Kultur vorhandenen Rüsselkäfer.





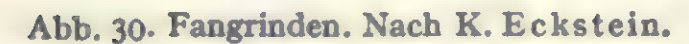


Abb. 30. Fangrinden. Nach K. Eckstein.

Abb. 31. Fangkloben. Nach K. Eckstein.

Gegen Insekten sind fernerhin Fanggläser (Sammelbehälter mit geeigneter, oft vor Regen geschützter Anflugmöglichkeit) angewandt worden, die mit anlockenden Flüssigkeiten (gährende Fruchtsäfte, Bier- und Weinreste, Geraniol, Eugenol, Weinessig, Allyl- und Isopropylalkohol, Honig) gefüllt waren. Meist richteten sie sich gegen fliegende Insekten (Apfelwickler, Traubenwickler, Eulenfalter, Käfer *(Japanese beetle)*, Mittelmeerfruchtfliege, Kirschfruchtfliege, Wespen usw.[1]). Im allgemeinen erfassen auch diese Fanggläser nur einen Teil der gerade flugtüchtigen, anlockbaren Insekten ohne Unterschied ihres Nutzens oder Schadens, es haften ihnen daher ähnliche Mängel an wie den Fanglaternen. Wenn somit ihr Wert als Bekämpfungsmittel auch fraglich ist, so haben sie doch ständig wachsende Bedeutung gewonnen für eine sachgemäße Bekämpfung, indem sie die Beobachtung der Flugzeit und Flugstärke der Schädlinge und die Ermittlung der richtigen Spritztermine ermöglichen.[2]) Als Köderbottiche kommen die verschiedenartigsten Behältnisse (z. B. 1—2 Liter-Einmachegläser mit weiter Öffnung, Konservenbüchsen usw.) aus Glas, Emaille, Aluminium usw. in Frage; Eisen wird meist vermieden, da es durch viele Köder angegriffen und unansehnlich wird und auch die Wirksamkeit der Köder herabsetzt. Bei der Traubenwicklerbekämpfung wird je 500—1000 Rebstöcke ein Fangglas (Abb. 32) aufgehängt; die Bekämpfung wird (z. B. in der Schweiz)[3]) für erforderlich gehalten, sobald sich in 5 Gläsern an einem Tage 10 Motten oder an 4 aufeinanderfolgenden Tagen zusammen 20 Motten gefangen haben. Das täglich vorzunehmende Auszählen der gefangenen Falter macht das Verfahren umständlich, doch kann

---

[1]) van Leeuwen, C. R., and Metzger, F. W., Traps for the Japanese Beetle. Circ. U. S. Dept. Agric. **130**, Washington 1930, 16 S. Metzger, F. W., Traps for the Japanese beetle and how to use them. U. S. Dept. Agr. Misc. Publ. 201. 1934, 11 S., 4 Abb.

[2]) Sprengel, L., Epidemiologische Forschungen über den Traubenwickler *Clysia ambiquella Hübn.* und ihre Auswertung für die praktische Bekämpfung. Ztschr. f. angew. Entom. **16**, 1930, Heft 3; Spuler, A., Codling Moth Traps. State Coll. Wash. Agric. Exper. Bull. **214**, 1927; Ripley, L. B., and Hepburn, G. A., Fruit-fly control. Farming in South Africa **4**, 1929, 345; Leuzinger, H., Die Fangglasmethode in der Bekämpfung des Heu- und Sauerwurmes im Kanton Wallis. Schweiz. Ztschr. f. Obst- u. Weinbau **36**, 1927, 166—169.

[3]) Schellenberg, A., Beobachtungen in der Bekämpfung von Heu- und Sauerwurm im Kanton Zürich. Schweiz. Ztschr. f. Obst- u. Gartenbau **42**, 1933, 143—146.

diese Arbeit von den Flurschützen, wie in der Pfalz, durchgeführt werden, wo auch die Fangzahlen in Listen auf den Gemeindehäusern offen ausliegen und durch einen Beobachtungsdienst die Spritztermine öffentlich bekanntgegeben werden.



Abb. 32. Mottenfangglas zur Feststellung des Mottenfluges für die Festsetzung der Spritztermine gegen Heu und Sauerwurm. Phot.: L. Niemeyer.

Eine große Mannigfaltigkeit zeigen die gegen Nagetiere, größere Wirbeltiere und Vögel verwendeten, den Nahrungstrieb ausnutzenden Fallen und Fangvorrichtungen.[1]) Auf Grund ihrer Wirkungsweise können sie in folgende Gruppen eingeteilt werden:

Grubenfallen: Im Boden ausgehobene Gruben („Grubenfallen") oder in den Boden eingelassene Gefäße („Topffallen") dienen zur Aufnahme der durch Nahrungsköder angelockten Tiere. Die Fangbehälter können zum Ertränken der Tiere mit Wasser gefüllt sein. Die Wasseroberfläche kann weiterhin durch eine schwimmende Häcksel- oder Korkschicht verdeckt sein; die zu dem in der Mitte angebrachten Köder strebenden Tiere brechen durch die Häcksel- und Köderschicht ein. Vorbedingung ist, daß die Wände der Behälter ein Auskriechen der einmal gefangenen Ratten verhindern. In England werden diese dem Massenfang dienenden Grubenfallen oft durch Einlegen eines auf seine Schmalseite gestellten Ziegelsteines, der eben aus dem Wasser herausreicht, zur „Mördergrube". Um den einzig trockenen Platz auf dem Stein entbrennt bald ein mörderischer Kampf der gefangenen Ratten, deren Gequietsche weitere Ratten anlockt. Ein Kampf um Leben und Tod beginnt und der Kannibalismus der Tiere sorgt für restlose Abtötung der gefangenen Tiere. In den Kolonien schützen die Eingeborenen ihre Anbauflächen durch oberflächlich mit Reisig abgedeckte Grubenfallen, in deren Boden nach Art der „Wolfsgruben" nach oben angespitzte Pfähle eingesetzt sind.

Kippfallen: Den vorigen, mit einer den Durchbruch gestattenden Schutzschicht versehenen Grubenfallen ähnlich sind die Kippfallen, die kippbar eingesetzte Falltüren, Fallklappen oder Laufbretter („Wippen") haben (Abb. 35—37). Bei den meisten Fallen ist die Wippe ein Laufbrett, über welches das Tier laufen muß, um zum Köder zu gelangen. Das Tier überschreitet dabei den Drehpunkt der Wippe, die durch die Schwere des Tieres aus der Ruhelage „gekippt" wird und das Tier in einen unterstehenden, meist mit Wasser

[1]) Reichsgesundheitsamt, Die Bekämpfung der Ratten und Hausmäuse. J. Springer, Berlin 1930; Saling, Th., Rattenbüchlein. Verl. E. Deleiter, Dresden; Schander, R., und Götze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt., **81**, 1930, 260—284, 335—367, 481—501; Koller, R., Das Rattenbuch. Verl. M. & H. Schaper, Hannover 1932, 160 S., 10 Abb.; Grell, E., & Co., Fallenfabrik, Haynau in Schlesien, Hauptkatalog Nr. 67 mit vielen Abbildungen und Beschreibungen; Ryck, M. de, La chasse chez les „*Lolia Ngolu.*" Bull. Agric. du Congo belge **23**, 1932, 232—257 (Eingeborenenfallen, auch Abbildungen); Karasek-Eichhorn, Beiträge zur Kenntnis der Waschambaa. Baeßler Archiv **3**, Heft 2/3 (Eingeborenenfallen, mit Abbildungen).

gefüllten Kasten gleiten läßt. Nach erfolgter Entlastung kehrt die Wippe wieder in ihre Ruhelage und damit in ihre Fanglage zurück; die Kippfallen sind daher zum Massenfang geeignet. Häufig sind zur besseren Anlockung die Laufgänge verdeckt. Bewährt hat sich gegen Wühlmaus, Ratten und Mäuse die Zürnersche Lockmausfalle der Gebr. Zürner, Markleuthen im Fichtelgebirge (Abb. 37). Nach ähnlichem Prinzip sind die automatischen Mäuseturmfallen (Abb. 61) gebaut. Zum Sperlingsmassenfang hat sich die Schwingsche Sperlingsfalle (Abb. 57) der Firma Ewald Schwing, Duisburg-Wanheimerort, gut bewährt, bei welcher eine kippbar aufgehängte Futterschale den Fang der Sperlinge ermöglicht. Nach Philipp[1]) und Mansfeld[2]) ließen sich in einigen Monaten über 1000 Sperlinge fangen.

Stich- und Zangenfallen: Als Stich- und Zangenfallen (Abb. 44—45) lassen sich alle Fangvorrichtungen bezeichnen, welche mit Hilfe von Federn gespannt und in die Gänge der Nager eingesetzt werden. Das Auslösen der Fallen erfolgt durch das den Gang passierende Tier bzw. durch Berühren des in die Falle eingesetzten Köders. Durch das Auslösen der Feder wird das Tier durch Zinken oder durch die Zangenarme getötet. Als Zangenfalle hat sich die Attenkofersche Wühlmausfalle (Abb. 45) gegen Wühlmäuse bewährt.[3]) Weitere Zangenfallen sind in der Abb. 44 dargestellt.

Schlagfallen: Zu den Schlagfallen gehören Fangvorrichtungen, bei denen zwei starke rechtwinklige oder halbkreisförmige Eisenbügel unter Spannung einer Feder auseinandergeklappt werden; berührt das Tier den Köder, so wird die Feder ausgelöst und die beiden Bügel schlagen, das Tier zwischen sich zusammendrückend, zusammen. Diese Schlagfallen (Abb. 53 u. 54) werden in allen Größen als „Tellereisen", „Schwanenhals", „Schlageisen" usw. gegen Nagetiere, schädliches Raubzeug (Wiesel, Iltis, Marder, Bisamratte, Fuchs) und selbst gegen größte Raubtiere (Leoparden und andere große Wildkatzen) angewandt. Werden die Tiere nur am Schwanze oder am Fuß eingeklemmt, so gelingt es ihnen meist, sich durch Abnagen zu befreien. Ein Mitschleppen der Fallen muß durch entsprechend starke Ketten verhindert werden. Die Fallen werden durch Bestreuen mit Sand usw. so verdeckt, daß nur der Köder frei liegt. In Deutschland wurde zum Fangen von Füchsen, Wildkaninchen usw. das Tellereisen viel benutzt, seine Verwendung ist in Deutschland, da es auch Nutzwild gefährdet, außerhalb befriedeter Grundflächen durch das Reichsjagdgesetz vom 3. Juli 1934 und seine Ausführungsbestimmungen verboten.

Ähnlich in der Wirkung sind die leichteren, gegen Mäuse wirksamen, größere Nutztiere nicht mehr gefährdenden Drahtbügelfallen (Abb. 38 u. 39), die als leichte, billige Fallen z. B. in Deutschland als „Luchs-" und „Blitz-Falle", in England als „Snap trap", „Break back" oder „Spring trap" im Handel sind. Grundsätzlich ist bei der Drahtbügelfalle ein meist rechtwinkliger Drahtbügel an einer Grundfläche drehbar angebracht, so daß er durch eine Feder gegen die Grundfläche gedreht wird. Durch die Nase eines Sperrhebels erfolgt die Spannung der Falle, beim Berühren des Köders wird durch Hebelwirkung die „Rast" ausgelöst und der Bügel zum Zuschlagen gebracht.

Zu den Schlagfallen gehören endlich noch die sog. Steinfallen (Abb. 48—51), bei denen mit Steinen beschwerte Bretter, auf deren Unterseite noch Nagelspitzen sein können, im spitzen Winkel zum Erdboden durch Stützen so aufgestellt werden, daß bei der leichtesten Berührung des unter dem Brett angebrachten Köders das Brett sofort herunterfällt und das Tier erschlägt. Diese Schlagfallen können behelfsmäßig leicht aufgestellt werden (Abb. 48) und werden daher auch in den Kolonien von den Eingeborenen (Abb. 49—51) gern verwendet. In Abb. 48—51 sind solche selbsthergestellten, in Abb. 33 eine fabrikmäßig bezogene Schlagfalle dargestellt. Im größten Ausmaß ausgeführte Fallen, bei welchen ein mit Schnur gehaltener, mit schwerem Eisenstift versehener, schwerer Holzklotz oder

---

[1]) Philipp, W., Ist der Sperling ein Schädling? Die kranke Pflanze **12**, 1935, 172—175.

[2]) Mansfeld, K., Eine wirksame Sperlingsbekämpfung. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 45—47.

[3]) Sachtleben, G., Die Attenkofersche Wühlmausfalle und ihre Anwendung. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst **9**, 1929, Nr. 12, 101—102; Hobbje-Halle, S., Praktische Fallen. Die Gartenwelt **36**, 1932, 267.




Abb. 33—41. 33. Steinfalle (Würgefalle). 34. Kastenfalle. 35. Topffalle mit Kippvorrichtung („Wippe"). 36. Topffalle mit Kippvorrichtung (der verdeckte Laufgang ist abgenommen). 37. Zürnersche Mausefalle (nach Hollrung). 38. Drahtbügelfallen („Blitz", „Luchs", „Terror"). 39. Drahtbügelfalle „Luchs" gespannt und ungespannt. 40. Röhrenfalle (Maulwurfsfalle). 41. Kastenfalle aus Draht („Mausefalle"). (33—36 u. 40. Herst. E. Grell, Haynau Schlesien).

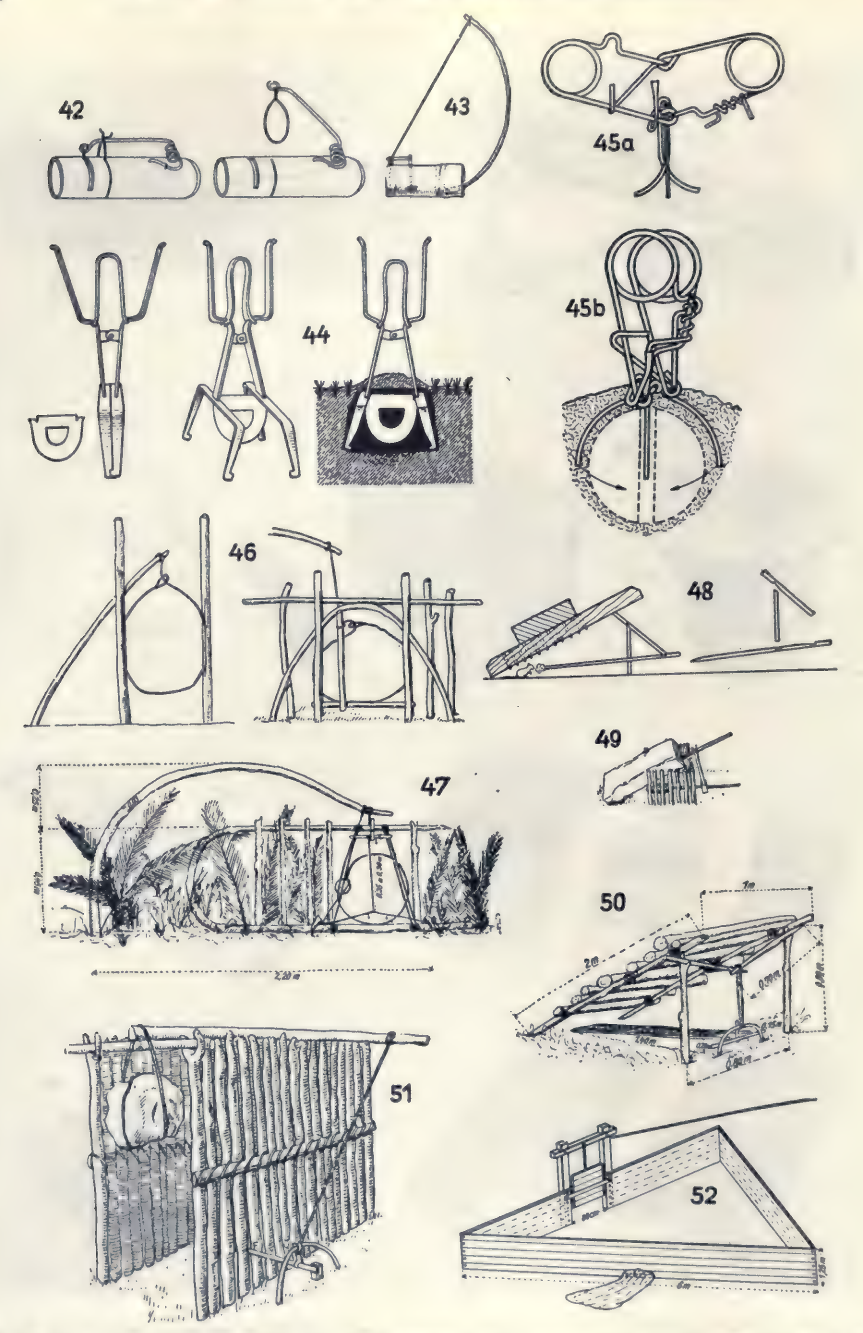



Abb. 42—52. 42. Röhrenfalle (Feldmausfalle). Nach H. Sachtleben. 43. Röhrenfalle von Eingeborenen im Kongogebiet. Nach M. de Ryck. 44. Zangenfalle (gegen Wühlmäuse). Nach K. Eckstein. 45. Attenkofersche Wühlmausfalle. a) Nicht gespannt. b) Gespannt. Nach E. Meyer. 46. Schlingenfalle von Eingeborenen in Deutsch-Ostafrika. Nach Karasek-Eichhorn. 47. Schlingenfalle von Eingeborenen im Kongogebiet. Nach M. de Ryck. 48. Steinfalle („Studentenfalle"). Nach R. G. A. 49. Steinfalle der Eingeborenen in Deutsch-Ostafrika. Nach Karasek-Eichhorn. 50. Steinfalle der Eingeborenen im Kongogebiet. Nach M. de Ryck. 51. Steinfalle für Großwild der Eingeborenen im Kongogebiet. Nach M. de Ryck. 52. Massenrattenfalle („Malmöer Falle"). Nach Koller.

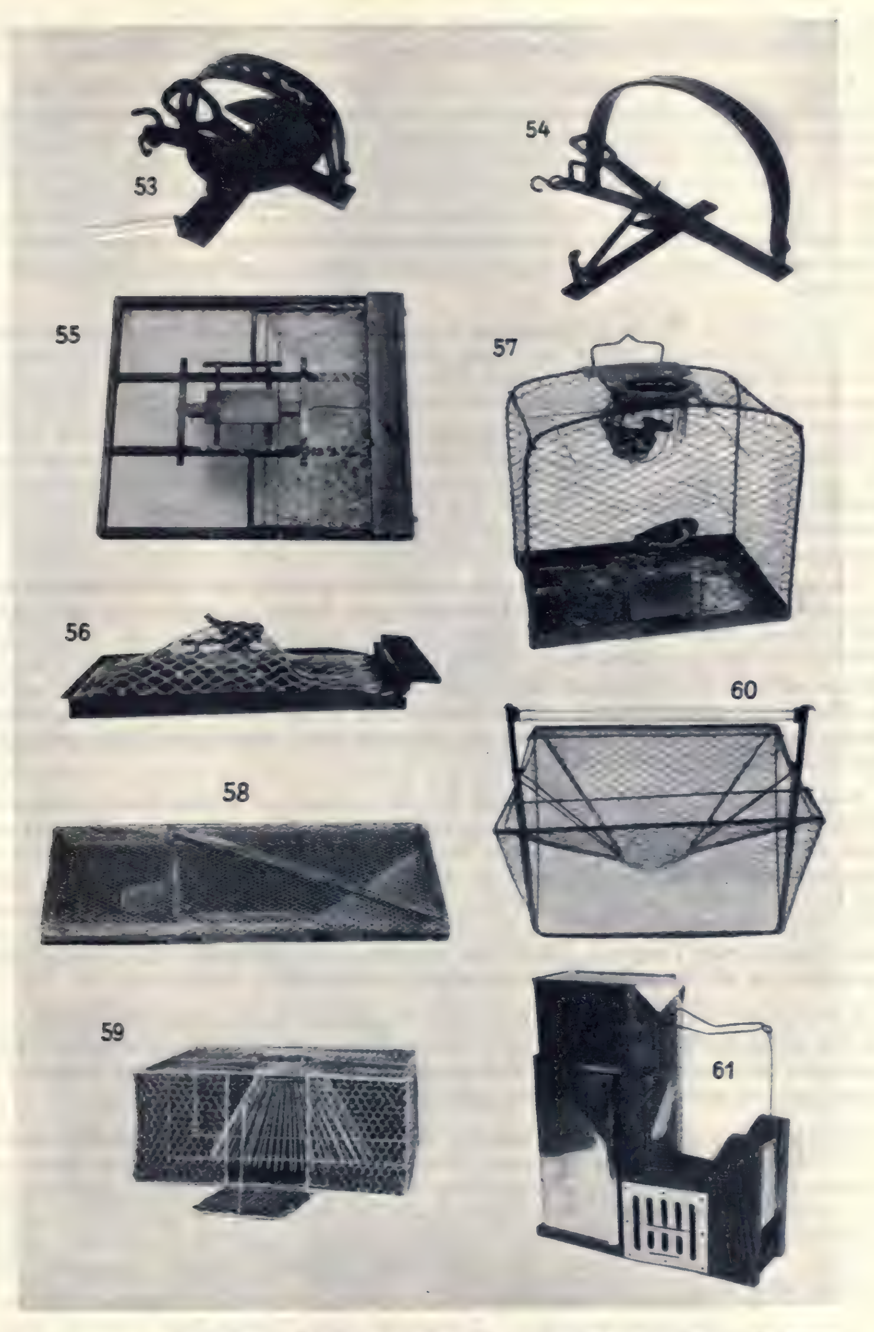



Abb. 53—61. 53. Tellereisen. 54. Schlageisen (Abzugseisen). 55. Netzfalle („Vogelschlagnetz") gespannt. 56. Dasselbe, zugeschlagen. 57. Schwingsche Sperlingsfalle. 58. Reusenfalle (automatische Ratten- und Sperlingsfalle). 59. Reusenfalle (automatische Sperlingsfalle). 60. Roithsche Bisamrattenfalle. 61. Automatische Ratten- und Mäuseturmfalle. (Abb. 53—56, 58—59 u. 61. Herst. E. Grell, Haynau. 57. E. Schwing, Duisburg-Wanheimerort. 60. M. Grünzweig, Landshut/Bayern).

ein Stein nach Auslösung herabsaust (Abb. 51), werden von Eingeborenen gegen das in ihre Kulturen einbrechende Großwild (Elefanten, Rhinozeros usw.) angewendet.

Röhrenfallen: Röhrenfallen werden in die Gänge der Mäuse eingesetzt (Abb. 42 u. 43). An einem stärkeren, federnden Bügel hängt eine Drahtschlinge, die durch einen den Bügel herunterdrückenden Faden in der Röhre gehalten wird. Will die Maus zu dem Köder gelangen, so muß sie zuerst diesen Haltefaden durchbeißen, worauf die Feder emporschnellt und die Maus durch die Drahtschlinge erdrosselt wird. Andere Röhrenfallen bestehen aus einem einfachen Blechrohr, das beiderseits durch Klappen verschlossen ist (Abb. 40), die den Eintritt, jedoch nicht den Austritt gestatten und daher zum Lebendfang führen. Ein Köder ist bei diesen letzteren ebenfalls in die Gänge einzusetzenden Fallen nicht erforderlich.

Kastenfallen: Die in verschiedenen Größen zum Fang von Ratten, Katzen, Wiesel, Iltis usw. verwendeten, meist aus einem tunnelartigen Holzkasten (Abb. 34), selten aus einem Drahtgeflechtkasten bestehenden Kastenfallen sind von zwei Seiten zugängig; bei Berühren des innerhalb der Fallen auf einem Tellerapparat liegenden Köders werden durch Hebelwirkung entweder senkrecht stehende Falltüren oder schräg nach innen gestellte Fallklappen zum Herunterfallen gebracht und damit die Falle geschlossen. Einfacher noch ist die Fangvorrichtung an den zum Hausmausfang gebräuchlichen, aus Drahtgeflecht bestehenden Mäusefallen (Abb. 41), bei welchen die nach außen aufklappbare Tür in ihrer bügelartigen Verlängerung durch einen ins Falleninnere ragenden und dort den Köder tragenden Draht gehalten wird.

Zu den Kastenfallen gehören auch jene zum Großfang von Ratten eingerichteten Massenrattenfallen (Abb. 52), bei denen drei blechbeschlagene Bretter so zusammengestellt werden, daß sie einen dreieckigen Fangraum bilden. An einer der drei Seiten ist eine durch Leinenführung von außen zu schließende Falltür, dieser gegenüber eine Öffnung mit einem anhängenden Sack. Sind genügend Ratten durch Köder in den Innenraum gelockt, so wird die Falltür polternd geschlossen; die Ratten flüchten in den Sack, wo sie leicht erschlagen werden können. Mit dieser in England als „Malmöer Falle" bezeichneten Massenrattenfalle sind große Fangergebnisse erzielt worden.

Reusenfallen: Als Reusenfallen sind die vielen, meist aus Drahtgeflecht, seltener aus Weidengeflecht („Fangkörbe") bestehenden, runden oder rechteckigen Fangapparate (Abb. 57—60) im Gebrauch, bei denen die aus nach innen gebogenen Drahtspitzen bestehenden Zugänge ständig offen sind, den Zugang zur Falle also jederzeit gestatten, jedoch den Austritt hindern. Oft haben die Fallen — zur Anlockung und Gewöhnung — einen mit etwas Köder beschickten Vorraum, von welchem der fischreusenähnliche Zugang zu dem stärker beköderten Fangraum führt. Die Abtötung der gefangenen Tiere erfolgt durch Versenken der oft Massenfang ermöglichenden Reusenfallen in Wasser.

Netzfallen: Bei den in erster Linie zum Vogelfang (Sperlinge, Krähen, Elstern) benutzten Netzfallen (Abb. 55 u. 56) wird ein an einem unter Federdruck stehenden Bügel befestigtes Netz nach Auslösen der Falle (durch Köderberührung) über den Schädling geworfen, oder es schlagen Fanghauben über dem Schädling zusammen.

Schlingenfallen: Schlingen werden außer in geschlossenen Fangvorrichtungen (z. B. Röhrenfallen) auch frei verwendet, indem sie im Freien den Zugang zu einem ausgelegten Köder oder auch nur den täglichen Wechsel eines Tieres sperren. Schlingen sind die einfachsten und daher vornehmlich auch in Kolonien von den Eingeborenen[1]) in verschiedenster Weise benutzten Fangvorrichtungen (Abb. 46 u. 47), bei welchen in vielen Fällen die federnde Wirkung leicht biegsamer Bäume ausgenutzt wird (Abb. 43, 46 u. 47).

Leimfallen: Als Rattenleimfallen („Ratlimtrap" oder „Varnish-Trap") wird in England eine eigenartige Methode empfohlen, bei welcher Papierkartonstreifen in der Mitte mit

[1]) Gute Beschreibungen und Abbildungen von Eingeborenenfallen bringen M. de Ryck und Karasek-Eichhorn (s. S. 311 und 326).

einem Köder versehen und am Rande herum dick mit Leim bestrichen werden. Die Ratten sollen (?) sich auf dem Leim in großen Mengen fangen lassen oder aber durch Verschmieren der Nasen- und Maulöffnung eingehen.[1])

Allgemein kann zu den Fallen gesagt werden, daß sie die älteste, billigste und verbreitetste Art der technischen Bekämpfungsmaßnahmen sind, daß zu ihrer erfolgreichen Verwendung jedoch genaue Kenntnisse über die Lebensweise der Tiere, Geschicklichkeit in der Auswahl der Falle, des Köders und der Aufstellung und Tarnung der Fallen, Geduld und Findigkeit gehören. Viele der Fallen erfordern tägliche Kontrolle und Neueinstellung, selbst die automatisch arbeitenden Fallen bedürfen des öfteren Nachsehens. Meist ist auch bei den Schlagfallen eine Übertunnelung erwünscht. Muß die Verwendung von Giftködern schlagartig einsetzen, so ist die Verwendung der Fallen ein Dauerkampf, der nur bei der notwendigen Ausdauer Erfolg verspricht. Der Köder, der häufiger gewechselt werden soll, besteht zweckmäßig aus stärker riechenden Leckerbissen (Gebratenes, Geräuchertes, Fisch, Knoblauchwurst, Anis- und Fenchelölbeigabe usw.). Sonst ist jedoch meist eine besondere Verwitterung nicht notwendig, wenn nicht abschreckende Geruchsstoffe mit der Falle in Berührung gekommen sind. Bei allen Schlagfallen ist auf die mit ihrer Aufstellung verbundene Gefahr für Kinder und Nutztiere zu achten.

Als originelle Fangmethode seien zum Schluß noch die zum Krähenfang empfohlenen Leimtüten[2]) erwähnt, Papiertüten, in denen ein Fleischbissen steckt und deren oberer Rand mit Vogelleim bestrichen ist. Die Tüten werden in den Schnee gesteckt. Die Krähen wollen den Fleischbissen erfassen und stülpen sich dabei die Tüte über den Kopf. Die dadurch am Sehen gehinderten Vögel können leicht gefangen werden.

### e) Anwendung von Wärme und Kälte

Die Wärme findet als trockene Wärme (Hitze) und als feuchte Wärme (heißer Wasserdampf, heißes Wasser) im Pflanzenschutz in mannigfacher Form Verwendung. Soweit die Anwendung zur Entseuchung von Sämereien, Zwiebeln, Knollen und sonstigem Pflanzgut erfolgt, ist sie bereits auf S. 225—227 u. 239—240, soweit sie zur Entseuchung des Bodens und zur Bekämpfung von Bodenschädlingen durchgeführt wird, auf S. 139—151, und soweit sie zur Verhütung von Frostschäden angewendet wird, auf S. 304 behandelt.

Nur wenige Beispiele seien noch angeführt, die auch die Anwendungsmöglichkeit der Wärme zur Bekämpfung der an den Pflanzen lebenden Schädlinge zeigen.

In der einfachsten Form ist trockene Wärme (Hitze) mittels Raupenfackeln in früheren Jahrzehnten häufig gegen Spiegelraupen und Raupennester angewendet worden. Die Methode wird heute kaum noch ausgeübt, da die Raupenfackeln die Bäume leicht schädigen, die Schädlinge aber bei weitem nicht so weitgehend erfassen wie die heute angewandten Spritzverfahren und auch viele Schädlinge durch Abspinnen oder Sichfallen-

---

[1]) Koller, R., s. S. 320.

[2]) Baunacke, W., Die Mittel zur Vertilgung der Krähen und anderer Rabenvögel. Merkbl. 7 der Sächs. Pflanzenschutzges. 1929 (Beilage zur Ztschr. „Die kranke Pflanze" 1929).

lassen dem Flammentod entgehen. Erzeugt von der Lötlampe kann die Hitze gelegentlich zur Vernichtung von Wespennestern, unter Umständen auch gegen die an Wänden und in Ritzen von Lagerräumen sitzenden Vorratsschädlinge Verwendung finden.

Größer ist ihre Benutzung, wenn mittels Flammenwerfern[1]) bei Massenauftreten Schnecken, Unkräuter und Heuschreckenschwärme[2]) vernichtet werden sollen. Insbesondere für den letzteren Verwendungszweck kommt den Flammenwerfern in Afrika von Jahr zu Jahr immer größere Bedeutung zu.[3]) Auch die in Fanggräben sich sammelnden Rüsselkäfer sind verschiedentlich mit Flammenwerfern vernichtet worden.

Auch heißes Wasser ist versuchsweise als Spritzmittel (z. B. zur Bekämpfung des Springwurmes an Reben) im zeitigen Frühjahr verwendet worden, doch kommt den Versuchen nur theoretisches Interesse zu, da die Beschaffung und Warmhaltung der für eine Freilandbekämpfung notwendigen Warmwassermassen meist unüberwindliche Schwierigkeiten machen.

Heißluft verspricht noch, falls die örtlichen Verhältnisse es zulassen, ein brauchbares Mittel gegen Lagerschädlinge zu werden, ist doch das von der Deutschen Bautentrocknungs-Gesellschaft, Hannover, ausgearbeitete „Deuba-Heißluftverfahren" bereits wiederholt erfolgreich zur Hausbockkäferbekämpfung angewandt worden.[4])

Einen Entzug allzu starker Sonnenwärme erreicht man durch Anbringen von Schattendecken, Berieselungen, Kalken der Gewächshausdächer oder durch Anpflanzen von Schattenbäumen (z. B. bei Kaffeekulturen).

Tiefe Temperaturgrade (Kälte) wendet man bei jeder Kühllagerung von Saatgut, Obst und sonstigen Vorräten an. Anzuchtkästen läßt man im Winter ausfrieren, um dadurch etwaige Schädlinge (Blattwanzen, Thrips, Spinnmilben) zu vernichten.

### f) Anwendung von Elektrizität, Magnetismus und Strahlen

Den elektrischen Strom hat man verschiedentlich zu Pflanzenschutzzwecken benutzen wollen. Über Versuche zu seiner Verwendung als Bodenentseuchungsmittel wurde auf S. 138, als pilztötendes Getreidebeizmittel auf S. 227—228 berichtet.

Es lag nahe, elektrisch geladene Drähte zum Insektenfang zu verwenden. In einfachster Weise bestanden diese Vorrichtungen aus einem Gitterwerk mit verschiedenem elektrischem Potential geladener Drähte, die entweder eine Fangvorrichtung (Lichtfalle, Köderfalle

---

[1]) Basinger, A. J., The eradication campaign against the white snack *(Helix pisana)* at La Jolla, California. Monthly Bull. of Dept. of Agric. California **16**, 1927, 51; Schmidt, Eugen, Apparat zur Unkrautvernichtung. Die Gartenwelt **33**, 1929, 206; Zappe, M. P., Corn borer clean-up operations on the 1927 infestations. Connecticut Agric. Exper. Stat. Bull. **305**.

[2]) Bücher, H., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monogr. zur angew. Entom. Beihefte zur Ztschr. f. angew. Entomologie Nr. 3, 1918.

[3]) Tripolitanien: Heuschreckeninvasion und Heuschreckenbekämpfung. Intern. Anz. f. Pflanzenschutz **4**, 1930, 117—120.

[4]) Schuffenhauer, Die Bekämpfung des Hausbockes durch Heißluft im neuen Kriminalgericht in Berlin. Zentralbl. der Bauverwaltung **54**, 1934, Heft 12.

oder Lichtköderfalle) umgaben[1]) oder als Sperrgitter Gewächshausfenster[2]) oder sonstige Zugänge gegen fliegende Insekten (in Wohnungsfenster eingesetzte Moskitonetze) absperren sollten. Die Fangdrähte müßten so eng nebeneinanderliegen, daß jedes angelockte Insekt durch Berührung den Stromkreis schließt und abgetötet wird. Eine praktische Bedeutung ist diesen Fangvorrichtungen — trotz der besonders in der Tagespresse erschienenen alarmierenden Nachrichten — nicht zugekommen. Auch bei Verwendung von Staubsaugern oder von großen, im Freiland aufgestellten Inhalatoren hat man die durch den Luftstrom eingesogenen Insekten durch elektrisch geladene Spannungsgitter abtöten wollen.[3])

Es lag weiter nahe, noch die durch hochfrequente elektrische Ströme erzeugten kurzwelligen, ultravioletten Strahlen der Schädlingsbekämpfung nutzbar zu machen. Auch hier finden wir den Vorschlag, durch Strahlenfelder Fensteröffnungen vor Einflug von Insekten zu sperren oder sogar Bäume und Sträucher durch Anbringen von Hochfrequenzfeldern von tierischen Schädlingen zu befreien.[4]) Die Vorschläge haben bereits weitgehend in der Tagespresse, die von „Todesstrahlen" und „Todeskammern" zu berichten wußte, Berücksichtigung gefunden; eine praktische Bedeutung kommt ihnen bisher nicht zu. Ernster zu nehmen sind jedoch Vorschläge und auch in der Praxis (USA.) bereits eingeführte Verfahren, bei welchen ultraviolette Strahlen zur Entseuchung von Vorräten aller Art, insbesondere von Tabak, Saatgut usw. verwendet werden.

Die an sich kostspieligen Apparate mit 20 Kilowatt erzeugen zwischen zwei parallelen Kondensatorplatten Ultra-Kurzwellen meist von 6—7 m Wellenlänge und 42 Millionen Schwingungen in der Sekunde. Auf einem Laufband wird das befallene Saatgut durch dieses elektrische Strahlenfeld geführt, so daß es ungefähr 6 Sekunden der Bestrahlung ausgesetzt ist. Eine mechanische Schüttelvorrichtung sorgt für ein Durcheinanderschütteln und damit für eine gleichmäßige Bestrahlung aller Körner.

Die Bestrahlung soll genügen, um auch die im Saatgut befindlichen Eier und Larven abzutöten. Durch die Bestrahlung wird im Saatgut und auch, wie man annimmt, in den Geweben der Schädlinge selbst eine Temperaturerhöhung auf 55—60° erzeugt, die schon zur Abtötung der meisten Schädlinge ausreicht[5]), doch ist J. H. Davis, Chefingenieur der „Electric Traction of the Baltimore and Ohio Railroad", der seit etwa 1930 an dem Verfahren arbeitet, geneigt,

---

[1]) Baunacke, W., Schädlingsbekämpfung durch Elektrizität. Dtsch. Landw. Presse **48**, 1921, 763; Manschke, R., Elektrische Schädlingsbekämpfung. Die kranke Pflanze **11**, 1934, 92—93.

[2]) Anonymus, Elektrische Schädlingsbekämpfung im Gartenbau. Gärtner-Börse **15**, 1933, 135.

[3]) D.R.P. 526132 vom 13. Mai 1931.

[4]) Elektrizität zur Bekämpfung von Obstbaumschädlingen. Techn. Blätter, Wochenschrift zur Deutschen Bergwerkszeitung 1931, 166.

[5]) Headlee, T. I., and Burdette, R. C., Some facts relative to the effect of high frequency radio waves on insect activity. Journ. N. Y. Entom. Soc. Col. **37**, 1929, 59—66; Ders., The differential between the effect of radio waves on insect and on plants. Journ. Econ. Ent. **24**, 1931, 427—437; Ders., The effect of radio waves on internal temperatures of certain insects. Journ. Econ. Ent. **26**, 1933, Nr. 2, 313—319; Ders., Some observations on the effect of radio waves on insects and plant hosts. N. Jersey Stat. Bull. **568**, 1934, 16 S., 1 Abb.; Gourdon, G., La capture et la destruction des insects par rayons ultra-violets. C. R. Congr. int. Appar. util. Lutte contre les ennemis des cultures Lyon 1929. Paris 1930, S. 127—133, 209—213, 8 Abb.

anzunehmen, daß auch die Kurzwellen an sich tödlich wirken.[1]) Im allgemeinen jedoch schreibt man dem durch die außerordentlich starke Durchdringungsfähigkeit der Strahlen begünstigten großen Wärmeeffekt die Hauptwirkung der Ultrakurzwellenbestrahlung zu. Wenn auch die zur Erzeugung der elektrischen Energie notwendigen Unkosten gering sind, so sind die Apparate teuer; kostet doch ein täglich 5000 bushels (1 bushel = etwa 25 kg) Getreide reinigender Apparat ungefähr 34000 Dollar; als von praktischem Wert wird die Methode in USA. erst dann erachtet sein, wenn die tägliche Arbeitsleistung einer Maschine 50—100000 bushels beträgt.

Auch durch kurze Bestrahlungen an Mehltau erkrankter Pflanzen mittels einer Quarz-Quecksilberdampflampe[2]) hat man in Versuchen eine günstige Wirkung ultravioletter Strahlen erhalten können. In Frankreich sind Versuche mit hochfrequenten Strömen (Wellenlänge 2 m, 150 Millionen Schwingungen in der Sekunde) an tumorbefallenen Pflanzen mit angeblich gutem Erfolg angewandt worden, auch glaubte man, radioaktiven „Erdstrahlen" eine wachstumsfördernde Wirkung zuschreiben zu können.[3]) Stapp und Bortels wiesen durch Versuche nach[4]), daß die durch *Pseudomonas tumefaciens* hervorgerufenen Pflanzentumoren weder durch Behandlung mit Röntgenstrahlen noch durch Umlegen einer Kupferspirale (zum Auffangen und Zuleiten der atmosphärischen Strahlen) geheilt werden. Hasché und Leunig sprechen den Ultrakurzwellen bis herab zu 3,5 m Wellenlänge eine bakterizide Wirkung überhaupt ab.[5])

Die Verwendung magnetischer Kraftfelder beim elektromagnetischen Saatgutreinigungsverfahren ist bereits auf S. 308 berücksichtigt.

---

[1]) Davis, J. H., Radio waves kill insect pests. Scient. American **148**, 1933, 272—273; Ders., Kurzwellen für Schädlingsbekämpfung. Die Umschau **37**, 1933, 744—745.

[2]) Hey, G. L., and Carter, I. E., The effect of ultra-violet light radiations on the vegetative growth of wheat seedlings and their infection by Erysiphe graminis. Phytopathology **21**, 1931, 695.

[3]) Hahn, Luftaktivität, Erdstrahlen und Pflanzenwachstum. Die Umschau **37**, 1933, 724—726; Wartenberg, H., Wünschelrute. Erdstrahlen und Pflanzenkrankheiten, Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **17**, 1937, Nr. 11 u. 12.

[4]) Stapp, C., und Bortels, H., Der Pflanzenkrebs und sein Erreger *Pseudomonas tumefaciens*. III. Mitt. Zur Frage der Bekämpfung. Zentralbl. f. Bakteriol. II. Abt. **88**, 1933, 313—319; Dies., Der bakterielle Pflanzenkrebs und ungeeignete Verfahren zu seiner Bekämpfung. Die Umschau **37**, 1933, 978—980.

[5]) Hasché, E., und Leunig, L., Über die Wirkung von Ultrakurzwellen auf Bakterien. Deutsche medizin. Wochenschrift **61**, 1935, 1193—1195.

## B. Chemische Bekämpfungsmaßnahmen

Von Oberregierungsrat Dr. W. Trappmann, Oberregierungsrat Dr. G. Hilgendorff, Regierungsrat Dr. A. Winkelmann, Dr. W. Fischer und Dr. W. Tomaszewski, Berlin-Dahlem [1])

### a) Chemische Pflanzenschutzmittel

**Einleitung.** — **I. Anorganische Grundstoffe.** 1. Cu-, Hg-, Pb-, Tl-Verbindungen. 2. Na-, K-, $NH_4$-, Ca-, Ba-, Mg-, Al-, Zn-, Mn-, Fe-, Cr-, Ce-Verbindungen ohne besonders giftige Anionen. 3. Arsenverbindungen. 4. Schwefel und Sulfide (einschließlich $CS_2$). 5. Phosphor und Phosphide. 6. Fluorverbindungen. 7. Chlorate, Chlorite und Hypochlorite. 8. Säuren und Peroxyde. — **II. Organische Grundstoffe.** 1. Gasförmige organische Verbindungen. 2. Organische Chlor- und Chlor-nitro-Verbindungen. 3. Phenole, Chlor- und Nitro-Phenole. 4. Kohlenwasserstoffe, Mineral- und Teeröle. 5. Organische Basen und Alkaloide. 6. Stickstofffreie Drogen (Derris, Pyrethrum, Quassia, Scilla). 7. Alkohole, Ketone, Säuren, Ester, organische Schwefelverbindungen, Furane, Farbstoffe. — **III. Beistoffe.** 1. Netzmittel, Emulgatoren, Schutzkolloide, Haftstoffe. 2. Streckmittel, Trägerstoffe. 3. Farb-, Riech-, Geschmacks-, Reiz- und Warnstoffe.

Als chemische Pflanzenschutzmittel bezeichnet man solche Stoffe oder auch Stoffgemische, die auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung zur Abtötung von Krankheitserregern und Schädlingen angewendet werden. Die Mittel bestehen meistens aus einem oder mehreren wirksamen Bestandteilen, den Grundstoffen, und den Begleit- oder Füllstoffen. Als Grundstoffe dienen Verbindungen sowohl aus der anorganischen wie auch aus der organischen Chemie.

Die Begleitstoffe sind entweder Streckmittel, Haftstoffe, Netzmittel, Emulgatoren, Schutzkolloide, Antioxydantien, Farb- und Riechstoffe oder Stoffe zur Einhaltung einer bestimmten Reaktion.

Nach der Anwendungsform werden Spritz-, Stäube-, Streu-, Streich-, Tauch-, Gieß-, Vergasungs- und Impfmittel unterschieden. Die Anwendung der Mittel erfolgt im allgemeinen äußerlich, nur die Impfmittel sind für innere Anwendung bestimmt. Mittel gegen pilzliche Krankheitserreger werden Fungizide, solche gegen bakterielle Erreger Bakterizide und solche gegen Insekten Insektizide genannt. Bei den Insektiziden werden Haut-, Kontakt-, Magen- (Fraß-) und Atemgifte unterschieden.

Während sich im allgemeinen die Anwendungsform der Mittel ohne weiteres je nach der zu bekämpfenden Krankheit oder dem Schädling ergibt, ist die Frage, ob die Pflanzenschutzmittel in Pulverform oder in wäßriger Lösung bzw. Aufschwemmung auf die Pflanze gebracht werden sollen, kurz gesagt, ob gestäubt oder gespritzt werden soll, zeitweise sehr umstritten.[2]) Man kann sich aber in vielen Fällen entscheiden, wenn man sich die Vor- und Nachteile der beiden Verfahren vor Augen führt.[3])

---

[1]) Die Chemie der Mittel wurde von G. Hilgendorff und W. Fischer, ihre Anwendung von W. Trappmann, A. Winkelmann und W. Tomaszewski bearbeitet.

[2]) Leach, J. G., Spraying vs. dusting for potatoes. Phytop. **14**, 1924, 57—58; Bonde, R., Potato spraying and dusting experiments. Maine Agric. Exp. Stat. Bull. **362**, 1932, 177—232; Muskett, A. E., and Cairns, H., Spraying versus dusting. Further experiments. Journ. of the Min. of Agric. for Northern Ireland **3**, 1931, 117—123.

[3]) Vgl. auch van Poeteren, N., Bestuiven en Bestuivers. Verslagen en Mededeelingen van den Plantenziektenkundigen Dienst te Wageningen, Nr. **67**, 1932.

## Stäuben

| Vorteile: | Nachteile: |
| --- | --- |
| 1. Unabhängigkeit vom Wasser. | 1. Geringere Haftbeständigkeit. |
| 2. Gebrauchsfertige Lieferung, daher keine Fehler bei der Anwendung. | 2. Stärkere Abhängigkeit bei der Anwendung von äußeren Einflüssen, insbesondere vom Wind. |
| 3. Bequemere Anwendung. | 3. Größerer Materialverbrauch. |
| 4. Ersparung von Arbeitskraft, weil Ansetzen fortfällt und Behandlung schneller geht. | 4. Höhere Kosten für das Pflanzenschutzmittel. |
| 5. Bei richtiger Lagerung unbeschränkte Haltbarkeit des fertigen Mittels. | 5. Stärkere Gefährdung der Arbeiter bei Anwendung giftiger Mittel. |

## Spritzen

| Vorteile: | Nachteile: |
| --- | --- |
| 1. Die Spritzung kann im einzelnen genauer vorgenommen werden. | 1. Beschaffung größerer Wassermengen. |
| 2. Gute Haftbeständigkeit. | 2. Beim Ansetzen der Brühen können Fehler gemacht werden. |
| 3. Geringer Materialverbrauch. | 3. Brühen sind nur beschränkte Zeit haltbar. |
| 4. Geringe Kosten der Pflanzenschutzmittel. | 4. Behandlung erfordert längere Zeit. |
| | 5. Höhere Arbeitslöhne. |

Aus dieser Gegenüberstellung läßt sich also schließen, daß überall dort, wo die Wasserbeschaffung schwierig ist, man den Stäubemitteln den Vorzug geben wird. Hinsichtlich der geringeren Haftbeständigkeit, der stärkeren Abhängigkeit der Stäubemittel von äußeren Einflüssen und der vielfach dadurch bedingten geringeren Wirksamkeit kann man sich nicht ohne weiteres entscheiden. Diese Entscheidung hängt vielmehr von der Art des anzuwendenden Mittels ab. Bei Schwefel z. B. ist es nicht erforderlich, daß die zu schützende Pflanze ganz vom Schwefelstaub überzogen wird, da nach der jetzt herrschenden Meinung der Schwefel in der aufgebrachten Form nicht zur Wirkung kommt. Bei der Anwendung von Insektiziden kommt es oft auch nicht darauf an, daß die ganze Pflanze bzw. Pflanzenteile von dem Mittel bedeckt sind. Am ersten konnte diese Forderung noch für Fraßgifte erhoben werden, während die Berührungsgifte lediglich das abzutötende Insekt zu treffen brauchen. Anders verhält es sich dagegen bei den Fungiziden, bei denen die Pflanze möglichst lange durch einen vollständigen Überzug gegen die Pilze geschützt werden soll. Infolgedessen ist auch erklärlich, daß z. B. bei kupferhaltigen Fungiziden die erzielten Ergebnisse infolge der stärkeren Abhängigkeit dieser Mittel von äußeren Einflüssen sehr verschieden sind. Vor allem hat man bei der Bekämpfung der Peronospora an Reben bei alleiniger Anwendung von kupferhaltigen Stäubemitteln bei stärkerem Auftreten der Krankheit auch durch öftere Anwendung keinen vollen Erfolg erzielen können. Diese Mittel sind daher nur für die Zwischenbehandlung anerkannt.[1]) Der als wesentlicher Nachteil für Stäubemittel angeführte Punkt: die höheren Materialkosten, wird vielfach dadurch aufgehoben,

---

[1]) Vgl. u. a. Geßner, A., Prüfung von Rebschädlingsbekämpfungsmitteln im Jahre 1927. Weinbau u. Kellerwirtschaft **7**, 1928, 17—21, 25—28; Zillig, H., und Niemeyer, L., Witterung, Weinbau und Rebschädlingsbekämpfung an Mosel, Saar und Ruwer im Jahre 1927. Weinbau u. Kellerwirtsch. **7**, 1928, 35—36, 41—44.

daß die Kosten für Arbeitslöhne bedeutend geringer sind als bei Anwendung von Spritzmitteln.

Nach Sartorius[1]) kann die Anwendung von Stäubemitteln betriebswirtschaftlich sich so auswirken, daß ihre Verwendung insgesamt nicht teurer ist als die von Spritzmitteln. Nach einer Berechnung von Hengl[2]) stellt sich das Stäuben bei der Bekämpfung der Peronospora an Reben um mehr als doppelt so teuer als das Spritzen. Die Tatsache, daß die Behandlung mit Stäubemitteln schneller geht als mit Spritzmitteln ist besonders dann von Bedeutung, wenn die Bekämpfung in sehr kurzer Zeit durchgeführt sein muß. In diesem Falle spielt die Kostenfrage eine untergeordnete Rolle.[3]) Weiter wird sich das Stäuben gegenüber dem Spritzen überall dort durchsetzen, wo große Flächen mit gleichmäßiger Kultur zu behandeln sind, so z. B. bei der Bekämpfung von Schädlingen im Forst und bei der Getreiderostbekämpfung. In diesen Fällen behandelt man nicht die Einzelpflanzen, sondern läßt eine Wolke des Bekämpfungsmittels durch die zu behandelnde Kultur ziehen oder legt von oben mittels eines Flugzeuges die Wolke auf die Fläche, die behandelt werden soll. Der große Materialverbrauch bei der Behandlung einzelstehender Bäume hat es mit sich gebracht, daß in Amerika die Verwendung von Stäubemitteln im Obstbau stark zurückgegangen ist.[4]) In Deutschland hat sie noch nie Bedeutung gehabt. Die Gefahr gesundheitlicher Schädigung bei Anwendung giftiger Stäubemittel erfordert besonderen Schutz der Arbeiter. Im Weinbau werden aus diesem Grunde die nikotinhaltigen Stäubemittel abgelehnt. Einzelheiten über die staubförmigen Mittel sind bei der Besprechung der einzelnen Mittel angegeben.

Im folgenden sind die Pflanzenschutzmittel nach chemischen Gesichtspunkten, selten nach ihrer Wirkungsweise gruppiert, weil auch die Chemie der Mittel behandelt werden sollte und anderenfalls sich Wiederholungen nicht hätten vermeiden lassen.

## *I. Anorganische Grundstoffe*

### 1. Kupfer-, Quecksilber-, Blei-, Thallium-Verbindungen

#### a) Kupferverbindungen

Zu den am meisten verwendeten Pflanzenschutzmitteln gehören die Kupferverbindungen. Die einfachen neutralen (hydrolytisch sauer reagierenden) Salze spielen wegen ihrer Nebenwirkungen eine geringe Rolle. Fast ausschließlich kommen basische Salze, wie basische Karbonate, Oxychloride, basische Sulfate, zur Verwendung. Die weiteste Verbreitung hat zweifellos die Kupferkalk-, Bordeaux- oder Bordelaiser Brühe als Fungizid gefunden. Die Untersuchungen über die Wirkungsweise von kupferhaltigen Mitteln sind daher in

---

[1]) Sartorius, O., Die Wirtschaftlichkeit der Spritz- und Staubmittel. Wein und Rebe **10**, 1929, 444—453.

[2]) Hengl, F., Spritzen oder Stäuben? Das Weinland **1**, 1929, 178—180.

[3]) Riehm, E., Anwendung staubförmiger Mittel im Pflanzenschutz. Zeitschr. f. angew. Chemie **38**, 1925, 1032—1034.

[4]) Petherbridge, F. R., Dusting for pest and disease control in the United States and Canada. Journ. of the Min. of Agric. **40**, 1933, 209—215.

erster Linie mit dieser Brühe angestellt worden. Für die Wirkungsweise wurden im wesentlichen acht Theorien herangezogen. Die erste, die von Barth[1]) ausgesprochen wurde, nimmt an, daß Spuren von Kupfer vom Blatt aufgenommen werden und den eingedrungenen Pilz zum Absterben bringen. Diese Theorie ist vielfach abgelehnt worden, und Ruhland[2]) bezeichnet sie sogar als pflanzenphysiologisch undenkbar. Rabanus[3]) konnte nachweisen, daß Rebblätter, die auf der Oberseite mit Kupferkalkbrühe bepinselt waren, auf der Unterseite mit Peronospora infiziert werden konnten. Kotte[4]) hält aber dennoch die Theorie nicht für ganz widersinnig, da Densch und Hunnius[5]) durch Düngung mit Kupfersulfat eine Ertragssteigerung bei Getreide erreichen und Kupfer im Stroh und in den Körnern nachweisen konnten und außerdem durch Gaben kupferhaltiger Mittel die Urbarmachungskrankheit bekämpft werden kann.[6]) Schließlich hat Marchal[7]) Salatpflanzen, die in kupferhaltigen Nährlösungen gezogen waren, gegen Befall mit *Bremia lactucae* schützen können. Es muß aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Aufnahme des Kupfers in den genannten Fällen durch die Wurzeln erfolgte und daher zur Stützung der Theorie von Barth nicht herangezogen werden können. Neuerdings hat Rademacher[8]) feststellen können, daß die Aufnahme von Kupfer durch das Blatt möglich ist. Die zweite Theorie führt die Wirkungsweise der Kupferkalkbrühe auf eine Erhöhung der Widerstandskraft des Blattgewebes zurück. Sie wurde zuerst von Rumm[9]) geäußert. Tatsächlich wird bei den mit kupferhaltigen Mitteln behandelten Blättern in vielen Fällen eine Erhöhung des Chlorophyllgehaltes beobachtet. Kotte[10]) ist jedoch der Ansicht, daß diese Erscheinung das Blatt nicht genügend widerstandsfähig macht. Die dritte von Villedieu[11]) aufgestellte Theorie sieht nicht das Kupfer, sondern die basischen Bestandteile der Kupferkalkbrühe als den wirksamen Faktor an. Der in der Kupferkalkbrühe enthaltene Gips, der in geringem Maße in Wasser löslich ist, soll durch

---

[1]) Barth, M., Die Blattfallkrankheit der Rebe und ihre Bekämpfung. 4. Aufl. Gebweiler 1896.

[2]) Ruhland, W., Zur Kenntnis der Wirkung des unlöslichen basischen Kupfers auf Pflanzen mit Rücksicht auf die sog. Bordeauxbrühe. Arb. d. Biolog. Reichsanst. **4**, 1905, 157—200.

[3]) Rabanus, W., Wirken bei der Bekämpfung der Peronospora mit kupferhaltigen Mitteln Strahlungsvorgänge mit? Weinbau u. Kellerwirtschaft **1**, 1922, 65—71.

[4]) Kotte, W., Die Wirkung des Kupfers auf den Peronosporapilz. Weinbau u. Kellerwirtschaft **7**, 1928, 1—4.

[5]) Densch, A., und Hunnius, Versuche mit Kupfersulfat. Zeitschr. f. Pflanzenernähr. u. Düng. A. **3**, 1924, 369—386.

[6]) Rademacher, B., Praktische Möglichkeiten zur Verhütung und Bekämpfung der Urbarmachungskrankheit. Fortschr. d. Landwirtsch. **7**, 1932, 457—461.

[7]) Marchal, Compt. rend. **135**, 1902, 1067, zit. nach Kotte.

[8]) Rademacher, B., Die Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit) unter besonderer Berücksichtigung der Kupferfrage. Arb. d. Biol. Reichsanst. **21**, 1936, 531—603.

[9]) Rumm, C., Über die Wirkung der Kupferpräparate bei Bekämpfung der sog. Blattfallkrankheit der Rebe. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **11**, 1893, 79—83.

[10]) Kotte, W., Die Wirkung des Kupfers auf den Peronosporapilz. Weinbau und Kellerwirtschaft **7**, 1928, 1—4.

[11]) Villedieu, M., Contribution à l'étude des bouillies cupriques. Compt. rend. de l'Académie des Sciences **174**, 1922, 707—709.

die unlöslichen Kupferverbindungen löslicher gemacht werden. Diese Theorie hat aber wenig Wahrscheinlichkeit für sich, da kupferfreie Brühen bisher keine Wirkung gezeigt haben. Ebensowenig wahrscheinlich ist die von Gard[1]) geäußerte Theorie, daß die Blätter durch Bespritzung mit Kupferkalkbrühe schwer benetzbar werden, schnell abtrocknen und daher den Pilzsporen keine Gelegenheit zum Auskeimen gegeben ist. Die fünfte von Wortmann[2]) und Killing[3]) aufgestellte Theorie, nach der die fungizide Wirkung und die Wachstumsförderung des Kupfers auf unbekannten Strahlungsvorgängen beruhen soll, ist insbesondere von Rabanus[4]) widerlegt worden. Die sechste von verschiedenen Forschern[5]) vertretene Theorie nimmt an, daß vom Blatt Stoffe ausgeschieden werden, die den Spritzbelag lösen. Ruhland[6]) konnte aber zeigen, daß man mit Hilfe von Blattextrakten Kupfer zwar lösen kann, daß aber aus dem gesunden Blatt keine Stoffe ausgeschieden werden, die den Spritzbelag in Lösung bringen. Diese Theorie wird ebenso wie die besonders von Ruhland[6]) vertretene, daß die Pilzsporen Stoffe exosmieren, die Kupfer lösen, vor allem von Schmidt[7]), der ebenso wie Millardet[8]) und Reckendorfer[9]) die Kupferwirkung auf eine Lösung des Kupfers aus dem Spritzbelag durch die Kohlensäure der Luft zurückführte, bestritten. Brachte Schmidt Kupfer oder dessen Salze mit Wasser unter Luftzutritt in Berührung, erwies sich das Filtrat als giftig für Pilze. Wurde die Luft ferngehalten, so trat die Giftwirkung nicht ein. Schmidt nimmt an, daß das unter dem Einfluß der Kohlensäure vom Wasser gelöste Kupfer von den Pilzsporen gespeichert wird. Der Ansicht von Schmidt schließt sich auch Kotte[10]) an. Die Feststellungen Ruhlands, daß Pilze Stoffe ausscheiden, führt Kotte darauf zurück, daß Ruhland bei seinen Versuchen Pilze verwendet hat, die gegen Kupfer wesentlich unempfindlicher

---

[1]) Gard, M., Les bouillies cupriques modifient les propriétés physiques de la surface des feuilles sur lesquelles elles sont appliquées. Cong. Pathol. veget. Straßburg 1923, S. 57—60.

[2]) Wortmann, J., Untersuchungen über *Peronospora viticola*. Wein u. Rebe **1**, 1919, 99.

[3]) Killing, C., Zur Wirkung von Peronosporabekämpfungsmitteln. Wein u. Rebe **1**, 1919, 582.

[4]) Rabanus, A., Wirken bei der Bekämpfung der Peronospora mit kupferhaltigen Mitteln Strahlungsvorgänge mit? Weinbau u. Kellerwirtschaft **1**, 1922, 65—71.

[5]) Aderhold, R., Der heutige Stand unserer Kenntnisse über die Wirkung und Verwertung der Bordeauxbrühe als Pflanzenschutzmittel. Jahresber. d. Vertreter d. Vereins angew. Botanik **1**, 1903, 12—36; Barth, M., Die Blattfallkrankheit der Rebe und ihre Bekämpfung. 4. Aufl. Gebweiler 1896; Clark, J. F., On the toxic properties of some copper compounds with special reference to Bordeaux mixture. Bot. Gaz. **33**, 1902, 26—48.

[6]) Ruhland, W., Zur Kenntnis der Wirkung des unlöslichen basischen Kupfers auf Pflanzen mit Rücksicht auf die sog. Bordeauxbrühe. Arb. d. Biol. Reichsanst. **4**, 1905, 157—200.

[7]) Schmidt, E. W., Wie kommt die Wirkung der Kupferkalkbrühe zustande? Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. **61**, 1924, 356—367.

[8]) Millardet, A., et Gayon, Recherches nouvelles sur l'action que les préparations cuivreuses exercent sur la Peronospora de la vigne. Journ. d'Agric. prat. **51**, 1887, 127—129, 156—162.

[9]) Reckendorfer, P., Über den Zerfall des Kupfer-Kalkbrühe-Komplexes. Ztschr f. Pflanzenkrankheiten **46**, 1936, 418—38.

[10]) Kotte, W., Die Wirkung des Kupfers auf den Peronosporapilz. Weinbau u. Kellerwirtschaft **7**, 1928, 1—4.

sind als die Peronosporazeen. Den Beweis für die Annahme, daß Kupfer durch die Kohlensäure der Luft gelöst wird, sieht Kotte dadurch als erbracht an, daß Wasser mit Kupfer, Kupferhydroxyd oder Kupferkarbonat in Berührung gebracht und dann abfiltriert für Peronospora giftig ist. Daß die Lösung des Kupfers durch die Kohlensäure der Luft erfolgt, ist neuerdings von McCallan[1]) bestritten worden. Dieser Forscher konnte selbst, wenn er durch Wasser, in dem sich Kupferkalkbrühe oder Kupferkalkstaub befand, 5—9 Tage lang Luft sog, keine für die Abtötung von *Sclerotinia americana* ausreichende Menge von Kupfer in Lösung bringen. Dagegen wurde von Wasser, in dem *Sclerotinia americana* gekeimt war, so viel Kupfer gelöst, daß die in das Filtrat gebrachten Sporen abstarben. Wurde Kupferkalkbrühe in einem Kollodiumsäckchen in destilliertes Wasser gehängt, so war das Wasser nach dem Herausnehmen des Kollodiumsäckchens für Sporen von *Sclerotinia americana* nicht giftig. Dagegen starben die Sporen ab, wenn sich in dem Kollodiumsack mit der Kupferkalkbrühe ebenfalls Sporen befanden. Nach neueren Feststellungen von McCallan und Wilcoxon[2]) wurde tatsächlich in Anwesenheit von Pilzen aus angetrockneter Kupferkalkbrühe wesentlich mehr Kupfer in Lösung gebracht, als wenn sie nicht vorhanden waren. In den Ausscheidungen der Pilze stellten sie Apfelsäure fest.

Eine eindeutige Erklärung der Wirkungsweise der kupferhaltigen Mittel ist aus den vorliegenden Ergebnissen noch nicht zu entnehmen. Fest steht wohl, daß aus den unlöslichen Kupferverbindungen Kupfer gelöst wird. Für die Lösung kommen in erster Linie Ausscheidungen der Krankheitserreger oder die Kohlensäure der Luft, vielleicht auch noch Ausscheidungen der lebenden Pflanze in Frage. Welchem Faktor der größte Anteil an der Lösung zuzusprechen ist, bedarf noch weiterer Untersuchungen. Daß Kupfer von Pilzsporen gespeichert wird, konnte Kotte[3]) durch folgenden Versuch nachweisen:

Wurden in 1 cmm Kupfersulfat 35 Peronosporakonidien gebracht, so genügte für die Abtötung eine 0,00008%ige Lösung. Waren jedoch 350 Konidien vorhanden, so war eine 0,001%ige Lösung für die Abtötung erforderlich. Offen bleibt noch die Frage, in welcher Form die Absorption des Kupfers von den Sporen erfolgt, ob in kolloidaler Form, als Komplexion oder als freies Kupferion. Kotte nimmt an, daß wahrscheinlich freie Kupferionen in dem Benetzungswasser der Spritzflecken vorliegen. Einen Vorteil sieht Kotte in den modernen Handelspräparaten insofern, als durch die feinere Verteilung der Kupferverbindungen eine Oberflächenvergrößerung eintritt und daher der Luftkohlensäure der Angriff erleichtert wird. Die Abtötung der Zelle selbst wird darauf zurückzuführen sein, daß das Kupferion Eiweißstoffe fällt und denaturiert, so daß die Lebenstätigkeit der Zelle vernichtet wird.

---

[1]) McCallan, S. E. A., The solvent action of spore excretions and other agencies on protective copper fungicides. Corn. Univ. Agr. Exp. Stat. Mem. **128**, 1930, 25—79.

[2]) McCallan, S. E. A., and Wilcoxon, F., The action of fungous spores on Bordeaux mixture. Phytop. **26**, 1936, 101—102.

[3]) Kotte, W., Laboratoriumsversuche zur Chemotherapie der Peronosporakrankheit. Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. **61**, 1924, 367—378.

Die schon oben erwähnte zuerst von Rumm[1]) geäußerte Ansicht, daß durch Kupferkalkbrühe die Widerstandskraft der Pflanzen vergrößert wird, ist insofern verständlich, als vielfach eine bessere Belaubung und eine dunkelgrüne Färbung des Laubes beobachtet wurde. Diese Beobachtung hat vielfach dazu geführt, z. B. bei der Kartoffel, ohne Rücksicht darauf, ob die Phytophthorakrankheit auftritt oder nicht, die Spritzung mit Kupferkalkbrühe zu empfehlen. Rumm führt die Steigerung der Chlorophyllbildung auf chemotaktischen Reiz zurück, der ohne Stoffaufnahme zustande kommt. Auf eine weitere Erklärungsmöglichkeit hat Aderhold[2]) hingewiesen. Er hat zunächst untersucht, ob das Kalzium der Kupferkalkbrühe die wachstumsfördernde Wirkung ausüben könnte. Er kam aber ebenso wie Frank und Krüger[3]) zu dem Ergebnis, daß Kalzium wohl eine fördernde Wirkung ausübe, die aber nicht mit derjenigen der Kupferkalkbrühe identifiziert werden könne. Aderhold hat dann die Vermutung ausgesprochen, daß die günstige Wirkung der Kupferkalkbrühe durch Eisen verursacht würde, das im Kalk und als Verunreinigung im Kupfersulfat vorkommt. Versuche mit verschiedenen Brühen mit und ohne Eisen, brachten Aderhold zu der Überzeugung, „daß das Eisen ein wesentlicher Faktor für die physiologisch fördernde Wirkung der Bordeauxbrühe ist". Der von Bayer[4]) dagegen erhobene Einwand, daß durch $Cu(OH)_2$ bereits stärkere Ergrünung hervorgerufen werden könnte, ist nach der Meinung von Aderhold belanglos, da Bayer nichts über den Eisengehalt des verwendeten Kupfersulfates ausgesagt hat. Ruhland[5]) glaubt im allgemeinen die Ansicht Aderholds bestätigen zu können, da er bei chlorotischen Blättern durch Kupfer allein kein Ergrünen hervorrufen konnte. Er läßt aber dennoch die Frage offen, ob nicht auch dem Kupfer eine gewisse Reizwirkung zuzuschreiben ist. Nach Ewert[6]) ist die gesteigerte Chlorophyllbildung durch eine Verminderung der Stärkeableitung und diese durch nachteilige Beeinflussung der Diastase durch Kupfersalze bedingt. Schander[7]) vertritt auf Grund seiner Versuche den Standpunkt, daß die günstige Wirkung der Kupferkalkbrühe lediglich darauf zurückzuführen sei, daß der Spritzbelag das Chlorophyll vor intensiver Besonnung schützt und so die Transpiration herabgesetzt wird. Durch die Beschattung tritt eine Chlorophyllvermehrung und dadurch eine vermehrte Stärkebildung ein. Schander glaubt auch, auf diese Weise erklären zu können, weshalb in manchen Jahren die günstige

[1]) Rumm, C., Über die Wirkung der Kupferpräparate bei Bekämpfung der sog. Blattfallkrankheit der Rebe. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **11**, 1893, 79—83.

[2]) Aderhold, R., Über die Wirkungsweise der sog. Bordeauxbrühe (Kupferkalkbrühe). Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. **5**, 1899, 217—220.

[3]) Frank, B., und Krüger, F., Über den direkten Einfluß der Kupfervitriolkalkbrühe auf die Kartoffelpflanze. Arb. d. DLG., 1894, Heft 2.

[4]) Bayer, Beitrag zur pflanzenphysiologischen Bedeutung des Kupfers in der Bordeauxbrühe. Diss. Königsberg 1902.

[5]) Ruhland, W., Zur Kenntnis der Wirkung des unlöslichen basischen Kupfers auf Pflanzen mit Rücksicht auf die sog. Bordeauxbrühe. Arb. d. Biol. Reichsanst. **4**, 1905, 157—200.

[6]) Ewert, R., Der wechselseitige Einfluß des Lichtes und der Kupferkalkbrühen auf den Stoffwechsel der Pflanze. Landw. Jahrb. **34**, 1905, 233—310.

[7]) Schander, R., Über die physiologische Wirkung der Kupfervitriolkalkbrühe. Landw. Jahrb. **33**, 1904, 517—584.

Wirkung der Kupferkalkbrühe ausbleibt. Nur in trockenen, sonnigen Sommern, meint Schander, wird eine Beschattung sich auswirken können, während in feuchten, trüben die Beschattung keine Rolle spielt, sondern nur die fungizide Wirkung. Den Nachweis führte Schander dadurch, daß er auch durch andere Substanzen bei sonnigem Wetter ein stärkeres Ergrünen bewirken konnte. Muth[1]) konnte dieselben Ergebnisse an Buchweizenpflanzen erzielen. Ewert[2]) schließt sich der Ansicht von Schander nicht an und behauptet, „daß auf keinen Fall eine Begünstigung des Pflanzenlebens durch Kupferkalkbrühe stattfindet".

Die neueren Untersuchungen von Heilig[3]) und Kroemer und Schanderl[4]) haben aber die Ergebnisse Schanders bestätigt. Heilig konnte beim Bespritzen von Rebblättern mit Kupferkalk-Kalkarsenatbrühen und Kupferkalk Wacker eine Steigerung der Assimilation feststellen, während durch dunkelgefärbte Spritzbrühen ebenso wie von Gaßner und Goeze[5]) eine Herabsetzung beobachtet wurde. Kupferkalk-Kalkarsenatbrühen und Kupferkalk Wacker schwächten bei der spektroskopischen Untersuchung alle Farben des Spektrums etwas. Besonders zu bemerken ist zu den Untersuchungen Heiligs noch, daß die erhöhte Assimilation auch dann eintrat, wenn der Spritzbelag nicht auf den Blättern war, sondern auf Glasplatten, die auf die Blätter gelegt wurden. Damit ist wohl einwandfrei der Beweis erbracht, daß das Kupfer nicht unmittelbar an der günstigen Wirkung der Kupferkalkbrühe beteiligt ist. Kroemer und Schanderl, die die Lichtdurchlässigkeit der verschiedenen Spritzbeläge prüften, stellten ebenfalls fest, daß die hellfarbigen Spritzmittel auf den Blättern das Licht besser durchlassen als dunkelfarbige. Die Spritzbeläge verursachen aber nicht nur Strahlungsverluste, sondern die durchgelassene Strahlung wird je nach der Dichte des Spritzbelages in mehr oder minder starkem Maße in diffuse Strahlung umgewandelt. Dieser Tatsache schreiben Kroemer und Schanderl auch das Zustandekommen höherer Assimilationsleistungen zu. Sie nehmen an, daß in sonnigen Sommern in ungespritzten Rebblättern die Chloroplasten durch das direkte Sonnenlicht zu stark bestrahlt werden. Infolgedessen erwärmen sie sich stark. Eine erhöhte Blattemperatur kann aber von der Pflanze nur durch Wasserdampfabgabe ausgeglichen werden. Die Strahlungsverluste, die durch helle Spritzbeläge hervorgerufen werden, bewirken daher eine Ersparnis im Wasserhaushalt der Pflanze. Diese haben wiederum zur Folge, daß die Blätter in diffusem Licht gleichmäßiger assimilieren können. Bei bedecktem Himmel dagegen wirken sich die Spritzbeläge physiologisch ungünstig aus. Das

---

[1]) Muth, Fr., Zur Bekämpfung der *Peronospora viticola* de By mit Kupferbrühe. Wein u. Rebe **1**, 1919, 599—606.

[2]) Ewert, R., Der wechselseitige Einfluß des Lichtes und der Kupferkalkbrühen auf den Stoffwechsel der Pflanze. Landw. Jahrb. **34**, 1905, 233—310.

[3]) Heilig, H., Einfluß verschiedener Spritzmittel auf die Assimilation gespritzter Reben und auf die Lichtabsorption. Weinbau u. Kellerwirtsch. **12**, 1930, 85—87, 97—99.

[4]) Kroemer, K., und Schanderl, H., Quantitative Untersuchungen über die Strahlungsdurchlässigkeit von Spritzbelägen der gebräuchlichsten Schädlingsbekämpfungsmittel des Weinbaus. Gartenbauwiss. **8**, 1934, 672—684.

[5]) Gaßner, G., und Goeze, G., Über die Wirkung einiger Pflanzenschutzmittel auf das Assimilationsverhalten von Blättern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **50**, 1932, 517—528.

starke Ergrünen von bespritzten Blättern erklären Kroemer und Schanderl folgendermaßen: Bei länger andauernder Beschattung nimmt der Chlorophyllgehalt eines Laubblattes zu. Ferner gehen die Chloroplasten in Flächenstellung. Kroemer und Schanderl ziehen daraus den Schluß, daß in heißen Sommern besonders in trockenen Weinbergslagen Spritzbeläge, auch dunkelfarbige, sich günstig auswirken können, während in strahlungsarmen Weinbergslagen und in feuchten Jahren besonders dunkle und dicke Spritzbeläge die Rebe ungünstig beeinflussen können. Diese Ansicht erklärt auch die Tatsache, daß in Amerika in meist trockenen, heißen Gebieten die Bespritzung, auch wenn die Phytophthora an Kartoffeln nicht auftritt, vielfach eine bedeutende Steigerung des Ertrages beobachtet wird, während in Europa diese Feststellung viel seltener gemacht wurde.

Von den Kupfersalzen ist der Kupfervitriol wieder das wichtigste. Es wird als Kupfersulfat, schwefelsaures Kupfer, Blaustein bezeichnet. $CuSO_4 + 5\,H_2O$ stellt lasurblaue, durchscheinende, an der Oberfläche etwas verwitterte Kristalle dar. 100 ccm $H_2O$ lösen bei 0° C 14,9 g, bei 15° 19,3 g, bei 30° 25,5 g, bei 50° 33,6 g und bei 100° 73,5 g des Salzes. Kupfervitriol soll mindestens 98% $CuSO_4 + 5\,H_2O$ enthalten. Das technische Salz enthält gewöhnlich kleine Mengen Eisenvitriol, seltener Zink-, Magnesium- und Kalziumsulfat. Bei größerem Gehalt an Eisensulfat ist die Lösung mehr oder minder stark grünlich-blau gefärbt. Schlecht gereinigtes Kupfersulfat enthält zuweilen etwas freie Schwefelsäure. Da die Fälschungen bei pulverförmigen Mitteln vom Laien schwer zu erkennen sind, wird von den Verbrauchern grob-kristallinische Ware bevorzugt. Da aber Fälschungen in letzter Zeit weniger vorkommen, wird kleinkristallinische Ware, z. B. das in der Kunstseidenindustrie viel verarbeitete Kupfervitriol in Schneeform wegen seiner leichteren Löslichkeit in Wasser geschätzt.

Infolge seiner sauren Reaktion ruft das Kupfersulfat an Pflanzen starke Schäden hervor. Es ist daher nur dort anzuwenden, wo entweder die zu behandelnden Pflanzenteile unempfindlich sind oder wo eine Schädigung der Pflanzen wie bei der Unkrautbekämpfung beabsichtigt ist. Neben der Verwendung als Saatgutbeizmittel spielt die Verwendung als Winterspritzmittel zur Bekämpfung von Moosen und Flechten, und zwar bei Obstbäumen 1—2%ig, bei Pinus bis 20%ig, eine Rolle.[1]) Gegen den amerikanischen Stachelbeermehltau ist Kupfersulfat 3—4%ig als Winterspritzmittel verwendet worden. Auch bei der Bekämpfung von Ackerschnecken hat sich das Salz in Lösung und in gemahlenem Zustande bewährt. Seine größte Verwendung findet es neuerdings als Spritz- oder Streumittel bei der Bekämpfung der Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit).[2]) Als Unkrautbekämpfungsmittel ist Kupfersulfat nicht allgemein zur Anwendung gekommen, da mit dem billigeren Eisensulfat die gleiche Wirkung zu erzielen ist.

---

[1]) v. Tubeuf, C., Bekämpfung von Moosen und Flechten besonders in Baumschulen und Forstgärten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. **42**, 1932, 470—479.

[2]) Rademacher, B., Praktische Möglichkeiten zur Verhütung und Bekämpfung der Urbarmachungskrankheit. Fortschr. d. Landw. **7**, 1932, 457—461; ders., Die Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit). Flugblatt **137** der Biol. Reichsanst. 1. Aufl. 1935.

Der Verbrauch an Kupfervitriol für den Pflanzenschutz in Deutschland wird von Klages[1]) auf 8000 t jährlich geschätzt. Hauptexportländer für Kupfervitriol für Europa waren bis vor kurzem England, Belgien und Deutschland.[2])

Kupfersulfatmonohydrat, $CuSO_4 \cdot H_2O$, ein durch teilweise Entwässerung des Kupfervitriols unterhalb 200° erhältliches, blaßblaues Pulver erwies sich unter allen Cu-Verbindungen als bestes Reizmittel für Tomatensamen.[3])

Die Kupferkalkbrühe soll ihre Entdeckung als Fungizid der Gepflogenheit südfranzösischer Winzer verdanken, die am Wege stehenden Weinstöcke mit Kupfersulfatkalkgemisch gegen Diebstahl zu schützen. Dabei soll sich gezeigt haben, daß die so behandelten Weinstöcke von der Peronospora verschont wurden. Die ersten Untersuchungen über die Wirkung der Kupferkalkbrühe gegen Peronospora des Weinstockes sind von Millardet[4]) gemacht worden. Das größte Anwendungsgebiet der Kupferkalkbrühe ist auch heute noch der Weinbau.

100 l einer 1%igen Kupferkalkbrühe werden folgendermaßen hergestellt: 1 kg Kupfervitriol in 50 l Wasser lösen, 400—500 g Löschkalk (Sackkalk) oder 400 g Branntkalk (Ätzkalk) nach dem Löschen in 2 l Wasser oder 1 kg frisch gelöschten Grubenkalk (Speckkalk) in 50 l Wasser verrühren. Die Kupfervitriollösung langsam in die Kalkmilch fließen lassen.[5])

Je feiner Kalziumhydroxyd in der Kalkmilch verteilt ist, um so rascher und vollständiger löst es sich während der Fällungsreaktion. Nur eine rasche Lösung des $Ca(OH)_2$ vermeidet die Bildung schädlicher basischer Kupfersalze. Zugabe von Stoffen, die die Löschungsreaktion beschleunigen (z. B. Chlorkalzium) ist schädlich, Zugabe von verzögernd wirkenden Stoffen (z. B. Gelatine) ohne erkennbaren Nutzen für die Endbeschaffenheit des Kalkes.[6])

Von der Verwendung stärkerer, 1,3% (entsprechend 1% CaO) und mehr $Ca(OH)_2$ enthaltender Kalkmilch ist man in Deutschland abgekommen, weil Brühen zu starker Alkalität weniger wirken und haften und leicht Blattbeschädigungen verursachen. Die in USA. und England üblichen dreiteiligen Konzentrationsangaben beziehen sich auf die zum Ansetzen der Brühen benutzten Mengen Kupfervitriol, Branntkalk und Wasser; z. B. ist 10 : 10 : 100 (10 = lbs; 100 = gallons = 1000 lbs) eine 1%ige Brühe mit 1 Teil $CuSO_4 + 5\ H_2O$, 1 Teil CaO in 100 Teilen $H_2O$. Die obige deutsche 1%ige Brühe würde somit ungefähr dem Verhältnis 10 : 4 : 100 entsprechen. In U. S. A. und England sind Brühen

---

[1]) Klages, A., Bekämpfung von Schädlingen der Kulturgewächse durch chemische Mittel, Bekämpfungstechnik. Angew. Chemie **45**, 1932, 367—368.

[2]) Die Lage des Kupfersulfatmarktes. Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung **1**, 1934, 52—54.

[3]) Horsfall, J. G., Dusting tomato seed with copper sulfate monohydrate for combating damping-off. Bull. New York Stat. Agr. Exp. Stat. Techn. Bull. **198**, 1932. Chem. Ztrbl. 1933, I, 908.

[4]) Millardet, A., Traitement du mildiou et du rot par la mélange de chaux et sulfate de cuivre. Paris et Bordeaux 1886, 62 S.

[5]) Winkelmann, A., Erprobte Mittel gegen Pilzkrankheiten. Flugbl. **74** der Biol. Reichsanst. 9. Aufl. 1937.

[6]) Leibbrandt, F., Über den Einfluß des Kalkes auf die Beschaffenheit der Kupferkalkbrühen. Weinbau und Kellerwirtsch. **8**, 1929, 83, 121.

mit mehr Kalk üblich, z. B. 8 : 8 : 100. Oft geht man dort auf verdünntere Brühen wie 4 : 6 : 100, 4 : 8 : 100 und noch wesentlich weiter (1,5 : 4,5 : 100) zurück.[1])

Bei Bildung von viel Tau und Regen muß nach Butler[2]) 4—6mal mehr Kalk als Kupfersalz zur Verhütung von Pflanzenschädigungen genommen werden.

Nach Mader und Blodgett[3]) war die Wirkung der Kupferkalkbrühe von dem Gehalt an Kalk abhängig. Je größer der Kalkgehalt, um so geringer die Wirkung. Eine Brühe von der Formel 5 : 1 : 50 enthält zwar schon genügend Kalk, doch halten die genannten Autoren die Anwendung einer Brühe von der Formel 5 : 2½ : 50 für angebracht, weil der Kalk vielfach verunreinigt ist.

Eine schnell aus reinem Kalkhydrat und schneeförmigem Kupfervitriol herzustellende Brühe, „instant Bordeaux mixture", beschrieb Schneiderhan.[4])

Die bleibende Alkalität der Brühe ist stets durch Phenolphthaleinpapier (rotwerdend) oder Lakmuspapier (blauwerdend) festzustellen.

Der Niederschlag der fertigen alkalischen Kupferkalkbrühe stellt nach Leibbrandt[5]) die Doppelverbindung $CaSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2$ vor. Nach Martin[6]) ist das Endprodukt $4\,CuO \cdot SO_3$, dessen Sulfatrest bei einem Überschuß von Kalkhydrat über 0,75 des äquimolekularen Verhältnisses hinaus allmählich chemisch entbunden wird, wobei braunes $Cu(OH)_2$ entsteht. Nach Wöber[7]) erhält man bei Verwendung von 1 g Kupfervitriol auf 0,2964 g $Ca(OH)_2$ (entsprechend 0,2243 g CaO) eine dauernd alkalische Brühe mit dem Kupferkalksalz $2\,CuSO_4 \cdot 8\,Cu(OH)_2 \cdot Ca(OH)_2$. 100 ccm dieser Brühe enthalten 0,0126 g überschüssiges $Ca(OH)_2$. Bei mehr Kalk steigt der $Ca(OH)_2$-gehalt des Salzes, das bei 1 g Kupfervitriol auf 0,661 g $Ca(OH)_2$ (entsprechend 0,5 g CaO) die Zusammensetzung $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2 \cdot 3\,Ca(OH)_2$ zeigt. Bei weiterer Steigerung des Kalkgehaltes ändert sich die Zusammensetzung des Kupferkalkniederschlages nicht mehr. Nach Sicard[8]) liegen die Verbindungen $5\,CuO \cdot SO_3 \cdot 2\,CaO$, ferner $CuO \cdot 2\,CaO$ und $CuO \cdot 3\,CaO$, nach Pickering und Bedford[9]) die Verbindungen $10\,CuO \cdot SO_3$ und $10\,CuO \cdot SO_3 \cdot 3\,CaO$ vor.

Während beim Eingießen der Kupfervitriollösung in Kalkmilch die Reaktion trotz dauernder Alkalität nicht ganz übersichtlich verläuft, ist bei Zugabe der

---

[1]) Ballou, F. H. and Lewis, J. P., Spraying for prevention of apple blotch and apple scab. Ohio Stat. Bull. 413, 1927, 32.

[2]) Butler, New Hampshire Sta. Bul. **232**, 1929.

[3]) Mader, E. O. and Blodgett, F. M., Effects of modification of the potato-spray program. Corn. Univ. Agric. Exp. Stat. Bull. **621**, 1935, 344.

[4]) Schneiderhan, F. J., Instant Bordeaux, West Virginia Stat. Circ. **60**, 1932, 8 S.

[5]) Leibbrandt, F., Über den Einfluß des Kalkes auf die Beschaffenheit der Kupferkalkbrühen u. die Kutikula der Pflanzen in der Schädlingsbekämpfung. Weinbau u. Kellerwirtsch. **8**, 1929, 83—85, 191—194.

[6]) Martin, H., Studies upon the copper fungicides. 1. The interaction of copper sulphate with calcium hydroxide. An. Appl. Biol. **19**, 1932, 98—120.

[7]) Wöber, A., Die chem. Zusammensetzung d. Kupferkalkbrühe. Ztschr. f. Pflanzenkr. **29**, 1919, 94—104.

[8]) Sicard, L., Études de la bouillie bordelaise. Composition et préparation rationelle. Progrès Agric. Vitic. Montpellier **31**, 1914, 33—38.

[9]) Pickering and Bedford, Science and Fruit Growing. London 1919, p. 173.

Kalkmilch zur Kupferlösung die Umsetzung in der Brühe noch viel verwickelter. Wöber[1]) unterscheidet hierfür drei Phasen, wobei saure, neutrale und alkalische Kupferkalkverbindungen nacheinander entstehen, und zwar als Endpunkt der sauren Phase das grünlichblau gefärbte Salz $CuSO_4 \cdot 3\,Cu(OH)_2 \cdot H_2O$, als Endpunkt der neutralen Phase die reinblau gefärbte Verbindung $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2 \cdot H_2O$ und als Endverbindung der dritten Phase die tiefblauen Verbindungen $2\,CuSO_4 \cdot 8\,Cu(OH)_2 \cdot Ca(OH)_2$ und $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2 \cdot 3\,Ca(OH)_2$, die allerdings nicht so feinkörnig sind wie die der dauernd alkalischen Brühen.

Die Kupferkalkverbindungen der sachgemäß hergestellten Brühen sind als Hydrogele in Form 3—4 $\mu$ großer Teilchen vorhanden. Sie verlieren beim Stehen unter der Mutterlauge allmählich Wasser. Kalküberschuß und Temperaturerhöhung beschleunigen die Abgabe von Wasser. Mit der Wasserabgabe treten zugleich chemische Reaktionen unter Zusammenlagern der Teilchen zu größeren Aggregaten ein, Veränderungen, die man durch Zugabe von Zucker verhindern kann. Der Zucker wirkt hierbei als Schutzkolloid. Zur Vermeidung seiner Invertierung muß der Zucker nicht der Kupferkalklösung, sondern der fertigen Brühe zugegeben werden. Es ist um so mehr Zucker erforderlich, je größer der Kalküberschuß ist. Bei schwach alkalischen Brühen genügen schon 10 g Zucker auf 100 l, gewöhnlich verwendet man 50—100 g. Zugabe von Sulfitablauge oder Mineralöl erweitern die Wirkung der Brühe.[2])

Die mancherorts übliche Herstellung einer 10%igen Brühe auf Vorrat ist insofern nicht ratsam, als dadurch die Schwebefähigkeit der Kupferteilchen stark herabgemindert wird, eine Erscheinung, die auf das Zusammenballen der Teilchen infolge hoher Konzentration der Brühe zurückzuführen ist. Bei Benutzung konzentrierter Flüssigkeiten ist die Verwendung 10%iger Kupfervitriollösung und Kalkmilch zu empfehlen, die unmittelbar vor der Herstellung der Brühe auf 1% zu verdünnen und dann erst zu vermischen sind. Man kann auch die Kalkmilch so weit verdünnen, daß sie das Verdünnungswasser für die Kupferlösung bereits enthält und dazu unter sehr lebhaftem Rühren die 10 bis 25%ige Kupferlösung in sehr dünnem Strahl hinzufügen. Unter diesen Umständen bleibt die Normalschwebefähigkeit der Teilchen nahezu erhalten. Ähnliches gilt für das Eingießen verdünnter Kupferlösung in konzentrierte Kalkmilch.

Beim Stehen der Kupferkalkbrühe an kohlensäurehaltiger Luft wird das Kupferkalksalz durch Kohlensäure allmählich unter Bildung von Kalziumkarbonat und dem grobflockigen grünblauen Kupfersalz $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2$ (Wöber) zerlegt. Der lufttrockene Spritzbelag der Kupferkalkbrühe $CuSO_4 \cdot 4\,Cu(OH)_2 \cdot Ca(OH)_2 \cdot x\,H_2O$ gibt nach Reckendorfer[3]) mit $CO_2$

[1]) Wöber, A., Die chemische Zusammensetzung der Kupferkalkbrühe. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **29**, 1919, 94—104.

[2]) Martin, H., Studies upon the copper fungicides. II. Some modifications of Bordeaux mixture designed to overcome practical difficulties in its applications. An. Appl. Biol. **20**, 1933, 342—363.

[3]) Reckendorfer, P., Über den Zerfall des Kupferkalkbrühe-Komplexes. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz **46**, 1936, 418—38.

und $H_2O$ über verschiedene Zwischenstufen schließlich $CuSO_4 + 4Cu(HCO_3)_2 + Ca(HCO_3)_2$. Nach Reckendorfer ist so zeitig zu spritzen, daß diese wasserlöslichen Verbindungen beim Auftreten des zu bekämpfenden Pilzes bereits gebildet sind.

Die Brühe zeigt bei sachgemäßer Herstellung genügende Haftfähigkeit; sie hängt nach Reckendorfer[1]) von dem physikochemischen Verhalten (Quellung) der auf den Pflanzen haftenden dehydratisierten Hydrogele ab. Mit steigenden, über die übliche schwach alkalische Brühe hinausgehenden Kalkgehalten nimmt die Haftfähigkeit bis zu einem bestimmten Kalkgehalt zu, um dann wieder abzufallen. Auch nach Reckendorfer verfügt der Spritzbelag der schwach alkalischen Brühe trotz meßbarer Quellbarkeit noch über eine ausreichende Haftfähigkeit. Zu deren Erhöhung sind gelegentlich Kasein, Gelatine, Magnesiumsulfat, auch Alaun (100—200 g je 100 l) oder Ammoniumsulfat (1%)[2]) empfohlen worden. Man kann auch die Hälfte Kupfervitriol durch den billigen Alaun ersetzen (Martinibrühe). Alaun setzt sich in der Brühe teilweise bis zu $Al(OH_3)$ um, wodurch wieder etwas $CuSO_4$ in Lösung gehen soll.[3])

Wenn Kalk nicht zur Verfügung steht, läßt sich eine brauchbare Kupferbrühe auch unter Verwendung von Seife herstellen. Verwendet werden etwa 370 g Schmierseife und etwa 70 g Kupfersulfat. Die Mengen müssen genau innegehalten werden, weil bei Überschuß von Kupfersulfat ein dicker Niederschlag entsteht, während bei überschüssiger Seife Verbrennungen hervorgerufen werden. Kupfersulfat und Seife werden getrennt gelöst und die Kupfersulfatlösung zur Seifenlösung gegeben.[4])

Da der Zeitpunkt der Anwendung für die Wirkung der Kupferkalkbrühe von größter Wichtigkeit ist, ist man in neuerer Zeit bestrebt gewesen, den Zeitpunkt bei der Peronosporabekämpfung möglichst genau festzulegen. Am nächstliegenden ist der Versuch, die Behandlungen nach der Entwicklung der Wirtspflanze durchzuführen. Nach Müller und Sleumer[5]) zeigten die Reben zur Zeit des ersten Peronosporaausbruches in den Jahren 1921—1933 eine Trieblänge von 32,9 bis 70,7 cm, so daß man nach der Trieblänge die Behandlungstermine nicht festlegen kann. Will man die Entwicklung der Rebe als Anhaltspunkt für das Einsetzen der Peronosporabekämpfung wählen, so erfolgt die erste Behandlung nach Müller[6]) am besten, wenn die größten Blätter einen Durchmesser von etwa 10 cm erreicht haben. Auch die Versuche, auf Grund statistischer phänologischer Beobachtungen die Termine für die Peronosporabekämpfung festzulegen, haben nicht befriedigt.

---

[1]) Reckendorfer, P., Über Physikochemie der Kupferkalkbrühe. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz **45**, 1935, 341—353.

[2]) Bosc, M., Schutzwirkung u. Haftfähigkeit einiger Cuproammoniakbrühen. Progr. agric. viticole **100**, 1933, 532—534; Chem. Ztrbl., 1934, I, 1866.

[3]) Lepetit, A., Alaun- u. Kupferbrühen. Progr. agric. viticole **99** (50), 187—188, 19.2.1933; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3347.

[4]) Copper emulsion. Trop. Agriculturist. **4**, 1934, 255—256. Ref. Rev. of Appl. Mycology **14**, 1935, 183.

[5]) Müller, K., und Sleumer, H., Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit des Weinstocks. Landw. Jahrb. **79**, 1934, 509—576.

[6]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. 2. Aufl. Karlsruhe 1922.

Vielfach wird auch heute noch zur Bekämpfung dann aufgefordert, wenn die ersten Peronosporaflecken festgestellt werden. Da aber innerhalb von 24 Stunden nicht alle Reben behandelt werden können, wird die Behandlung vielfach zu spät kommen, da sich rasch weitere Ausbrüche einstellen und Neuinfektionen stattfinden, bevor die Spritzung allgemein durchgeführt ist. von Istvanffi und Palinkas[1]) haben diese Methode dadurch zu verbessern versucht, daß sie täglich Blätter mit Ölflecken in feuchte Schalen brachten und dadurch den Ausbruch 1—2 Tage eher als draußen erhielten. Diese Methode versagt aber vor allem dann, wenn man Blätter entnimmt, an denen der Ausbruch im Freien bereits am nächsten Tage erfolgen würde.

Den sichersten Anhalt für die Vorausbestimmung der Peronosporaausbrüche und damit für das Einsetzen der Bekämpfung gibt der von Müller herausgegebene Inkubationskalender.[2]) Nachdem die Zuverlässigkeit des Inkubationskalenders zunächst in Baden erprobt wurde, hat er in den anderen deutschen Weinbaugebieten und auch in vielen anderen außerdeutschen Gebieten Eingang gefunden. Nach Schad[3]) ist er jedoch in manchen Gegenden Frankreichs nicht anwendbar.

Die erste Spritzung wird im Weinbau meist 1%ig durchgeführt, um Verbrennungen an den zarten Blättchen zu vermeiden. Bei den späteren Spritzungen wird eine stärkere Brühe gewählt. Außer zur Bekämpfung der Peronospora wird die Kupferkalkbrühe im Weinbau noch für die Bekämpfung des Roten Brenners *(Pseudopeziza tracheiphila)* verwendet.[4]) Die erste Bespritzung zur Bekämpfung dieser Krankheit muß früher als die erste Peronosporaspritzung vorgenommen werden und zwar unmittelbar nach dem Austrieb, wenn die Blättchen einen Durchmesser von etwa 3 cm haben. Bei der Bekämpfung des Roten Brenners ist es wichtig, daß beide Blattseiten bespritzt werden.

Eine bisher in Deutschland noch nicht in größerem Maße aufgetretene Krankheit[5]), die durch *Guignardia Bidwellii* hervorgerufen und in Amerika als „Black rot" bezeichnet wird, läßt sich ebenfalls mit Erfolg durch Kupferkalkbrühe bekämpfen.

Bald nachdem die Kupferkalkbrühe in Nordamerika Eingang als Mittel zur Bekämpfung der Peronospora gefunden hatte, wurde festgestellt, daß sie sich auch zur Bekämpfung des Schorfes des Kernobstes *(Fusicladium dendriticum* und *F. pirinum)* eignet. Doch zeigte sich auch, daß sie leicht Verbrennungen an Blättern und Früchten hervorruft. Seit dem Jahre 1907 hat daher in den Vereinigten Staaten die Kupferkalkbrühe ihre Bedeutung als Fusikladiumbekämpfungsmittel verloren.[6]) An ihrer Stelle ist die weniger gefährliche, aber auch fungizid weniger

---

[1]) v. Istvanffi, G., und Palinkas, G., Infektionsversuche mit Peronospora. Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. **32**, 1912, 551—564.

[2]) Müller, K., Inkubationskalender. 1. Aufl. 1913.

[3]) Schad, C., Les stations d'avertissements agricoles et la lutte contre le mildiou de la vigne. Ann. de Épiphyties et de Phytogénétique **2**, 1936, 284—331.

[4]) Zillig, H., und Niemeyer, L., Beiträge zur Biologie und Bekämpfung des Roten Brenners (*Pseudopeziza tracheiphila* Müller-Thurgau) des Weinstocks. Arb. d. Biol. Reichsanstalt **17**, 1929, 1—65.

[5]) Lüstner, G., Auftreten der Schwarzfäule (Blackrot) der Rebe in Deutschland. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 27.

[6]) Holland, E. B., Bourne, A. J., and Anderson, P. J., Insecticides and fungicides for farm and orchard crops in Massachusetts. Mass. Agr. Exp. Stat. Bull. **201**, 1921.

wirksame Schwefelkalkbrühe getreten. In Deutschland sind zwar im allgemeinen nicht so starke Verbrennungen wie in Amerika beobachtet worden, doch werden meist die Spritzungen nach der Blüte mit Schwefelkalkbrühe durchgeführt. Da bei der Bekämpfung des Fusikladiums die Wahl des richtigen Zeitpunktes für die Spritzungen ebenfalls von Bedeutung ist, hat es nicht an Versuchen gefehlt, durch genaue Beobachtungen der Entwicklung des Erregers in seiner Abhängigkeit von Witterungseinflüssen die Spritztermine wie bei der Bekämpfung der Peronospora festzulegen.[1]) Den Schorf an Kirschen *(Fusicladium cerasi)* kann man ebenfalls durch Bespritzen mit Kupferkalkbrühe bekämpfen.

Die Kupferkalkbrühe ist auch wirksam gegen die Kräuselkrankheit des Pfirsichs *(Taphrina deformans)*. Doch ist bei der Anwendung bei Pfirsich Vorsicht geboten, da dieser vielfach gegen kupferhaltige Mittel sehr empfindlich ist.

Zur Bekämpfung der Bitterfäule der Äpfel *(Glomerella cingulata)* genügen nach Hurt und Schneiderhan[2]) drei Spritzungen mit Kupferkalkbrühe. Falls die Mumien und befallenen Früchte entfernt werden, reichen zwei Spritzungen aus.

Gegen verschiedene Blattfleckenkrankheiten am Stein- und Kernobst ist die Kupferkalkbrühe mit Erfolg angewendet worden. So u. a. gegen die Weißfleckigkeit der Birnen- und Apfelblätter *(Mycosphaerella sentina)* und die Schrotschußkrankheit des Steinobstes *(Clasterosporium carpophilum)*.

Mc Cown[3]) konnte durch Bespritzen mit Kupferkalkbrühe die Infektion der Blütenbüschel bei Äpfeln durch *Bacillus amylovorus* beträchtlich herabsetzen.

Versuche zur Bekämpfung der *Phytophthora infestans* an Kartoffeln sind zuerst in den Jahren 1885/86 in Frankreich ausgeführt worden.[4]) Die in der Folgezeit vielfach gemachte Beobachtung, daß auch dann, wenn die Krankheit nicht auftritt, ein höherer Ertrag erzielt werden konnte, läßt sich durch die Feststellung von Schander[5]), die auch neuerdings bestätigt werden konnte, durchaus erklären.

Die Wirksamkeit der Kupferkalkbrühe gegen Phytophthora hat sich immer wieder gezeigt, so daß in Gegenden, in denen die Krankheit regelmäßig auftritt, z. B. in Dänemark, Holland und vielen Gebieten von Nordamerika, die Bespritzung der Kartoffeln eine Maßnahme ist, die sich weitgehend eingeführt hat.[6])

---

[1]) Winkelmann, A., und Holz, W., Beiträge zur Biologie und Bekämpfung des Apfelschorfes *(Fusicladium dendriticum Wallr.)* (Fckl.). Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. **92**, 1935, 47—61 und **94**, 1936, 196—215.

[2]) Hurt, R. H., and Schneiderhan, F. J., New methods of bitter rot control *(Glomerella cingulata)*. Virginia Agr. Exp. Stat. Bull. **254**, 1927, 22 S.

[3]) McCown, M., Weak Bordeaux spray in the control of fire blight. Phytop. **23**, 1933, 727—733.

[4]) Prilleux, E., Journ. d'Agric. prat. **52**, 1888, II, 886. Zit. nach Hollrung, M., Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 222.

[5]) Schander, R., Über die physiologische Wirkung der Kupfervitriolkalkbrühe. Landw. Jahrb. **33**, 1904, 517—584.

[6]) Kølpin Ravn, F., Ferdinandsen, C., Lind, J. en Rostrup, S., Oversight over Haverbrugsplanternes Sygdomme i 1916 og 1917. Tidskrift f. Planteavl. **26**, 1919, 298; Bisby, G. R., and Tolaas, A. G., The use of Bordeauxmixture for spraying potatoes. Minnesota Stat. Bull. **192**, 1920. 4—32; Bonde, R., Potato spraying and dusting experiments. 1929—1931. Maine Agr. Exp. Stat. Bull. **362**, 1932, 177—232.

In zehnjährigen Versuchen von Neuweiler[1]) war die Wirkung der 2%igen Brühe besser als die der 1%igen. Allerdings war der Unterschied nicht erheblich. In Deutschland ist nicht regelmäßig mit größeren Schäden durch Phytophthora zu rechnen, so daß eine allgemeine Durchführung der Bespritzung nicht wirtschaftlich sein würde. Bei wertvollen Frühsorten und in Saatzuchtwirtschaften macht sich infolge des höheren Wertes der Kulturen eine regelmäßige Bespritzung bezahlt. Für eine erfolgreiche Bekämpfung muß 2—3 mal eine 1—2%ige Brühe gespritzt werden. Die erste Bespritzung muß bereits vor dem Auftreten der Phytophthora vorgenommen werden.[2])

Dort, wo die durch *Cercospora beticola* verursachte Blattfleckenkrankheit der Rübe auftritt, wird die Kupferkalkbrühe zur Bekämpfung dieser Krankheit verwendet. Da sie aber nur dann in ausreichendem Maße bekämpft werden kann, wenn die Blätter von dem Fungizid während der Zeit, in der Infektionen stattfinden können, überzogen sind, ist öftere Anwendung erforderlich. Townsend[3]) empfiehlt daher Anwendung der Kupferkalkbrühe alle zwei Wochen vom ersten Auftreten der Blattflecken an bis kurz vor der Ernte. Mori[4]) hält Bespritzungen in Abständen von einer Woche 13—20 mal vom Juni bis September für erforderlich. Schmidt[5]) hat im allgemeinen 5—6 mal während der Vegetationsperiode gespritzt. Greissing, Sečkař und Pollak[6]) erzielten schon mit viermaliger Spritzung von Mitte Juni bis Ende August günstige Ergebnisse. Busits[7]) hatte bei zweimaliger Bespritzung mit Kupferkalkbrühe selbst bei starkem Befall Erfolge. In Spanien reichen nach Schmidt[8]) eine Bespritzung Anfang bis Mitte Juli, eine zweite Mitte August und oft noch eine dritte Mitte September für Bekämpfung der Cercospora aus. Stolze[9]) kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß drei Behandlungen mit Abständen bis zu 20 Tagen zur Niederhaltung der Krankheit ausreichen. Am wirksamsten waren die Behandlungen in der Zeit vom 20. Juli bis 20. August, und zwar zeigten die Behandlungen kurz vor oder während einer Regenperiode größere Erfolge als solche nach starken Niederschlägen. Schmidt[10]) schließt aus seinen Laboratoriums-

---

[1]) Neuweiler, E., Kartoffelspritzversuche 1916—1925. Landw. Jahrb. d. Schweiz **40**, 1926, 469—515.

[2]) Schlumberger, O., Die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln. Flugbl. **61** d. Biol. Reichsanst. 4. Aufl. 1934.

[3]) Townsend, C. O., Leaf spot, a disease of the sugar beet. U. S. Dep. Agr. Farmer's Bull. **618**, 1919.

[4]) Mori, G., Difesa anticercosporica. L'industria saccharifera Ital. **20**, 1927, 91.

[5]) Schmidt, E. W., Zur Bekämpfung der Cercosporakrankheit bei Zuckerrüben. Die deutsche Zuckerindustrie **53**, 1928, 1277—1278.

[6]) Greissing, J., Sečkař, F., und Pollak, A., Ein Bekämpfungsversuch der *Cercospora beticola* in der Suranyer Zuckerfabrikswirtschaft im Jahre 1927. Ztschr. f. Zuckerindustrie der tschechoslow. Republik **52**, 1928, 325—327.

[7]) Busits, J., Die Fleckenkrankheit der Zuckerrüben. Halado Gazda Budapest **3**, 1928, 5—7 (ung.).

[8]) Schmidt, E. W., Die Cercosporakrankheit der Rübe in Spanien und die Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung. Die deutsche Zuckerindustrie **57**, 1932, 446—448.

[9]) Stolze, K. V., Beiträge zur Biologie, Epidemiologie und Bekämpfung der Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe (*Cercospora beticola* Sacc.). Arb. d. Biol. Reichsanst. **19**, 1931, 335—402.

[10]) Schmidt, E. W., Untersuchungen über die Cercospora-Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe. Ztschr. f. wiss. Biol. u. f. Parasitenkunde **1**, 1928, 100—137.

versuchen, daß Cercosporasporen ziemlich widerstandsfähig gegen Fungizide sind. Tatsächlich werden auch stärkere Brühen als sonst üblich angewendet, und zwar 1,5—2%ige. Bei regelmäßigem stärkerem Auftreten der Cercospora steht die Rentabilität der Bekämpfung mit Kupferkalkbrühe außer Frage. Nach Stolze würde in Deutschland eine alljährliche vorbeugende Bekämpfung der Blattfleckenkrankheit der Rüben bei dem seltenen epidemischen Auftreten im Durchschnitt nicht viel mehr Erträge bringen, die die Bekämpfungskosten mit chemischen Mitteln ausgleichen würden.

Seitdem die Hopfenperonospora (*Pseudoperonospora humuli*) eine bedrohliche Verbreitung (in Deutschland seit etwa 1925) erfahren hat, findet die Kupferkalkbrühe zur Bespritzung des Hopfens in ausgedehntem Maße Verwendung. Welchen Umfang die Bekämpfung der Hopfenperonospora bereits 1928 angenommen hatte, geht daraus hervor, daß allein im bayerischen Hopfenbaugebiet in diesem Jahre 1929 Motorspritzen, 5142 fahrbare und 2337 tragbare Spritzen vorhanden waren. Von insgesamt 12736 ha Hopfen in Bayern wurden 12063 bespritzt. Der ha-Ertrag, der von 450 kg 1924 in dem Peronosporajahr 1925 auf 160 kg gefallen war, stieg im Jahre 1928 auf 550 kg.[1]) Lang und Arker[2]) empfahlen 1927 für den württembergischen Hopfenbau die Anwendung von 1—1,5%iger Kupferkalkbrühe und hielten bei einigermaßen günstiger Witterung 4—5 Spritzungen für ausreichend. Als Spritztermine werden angesetzt: 1. Zur Zeit des Anleitens, 2. bei einer Höhe des Hopfens von 3—4 m, 3. bei einer Höhe von 5—6 m, die 4. und 5. während und nach dem Anflug (Blüte). 1928 geben Lang und Arker[3]) folgende Richtlinien für die Bekämpfung: „Die Stärke der Spritzflüssigkeit beträgt am Anfang und am Schluß 1%, in den Monaten Juni und Juli 1,5—2%. Man beginnt mit dem Spritzen nach dem Anleiten der jungen Triebe. Während einer Kälteperiode im Mai darf nicht gespritzt werden. Die weiteren Spritzungen richten sich teils nach der Witterung, teils nach der Schnelligkeit des Wachstums. Den Zuwachs sollte man nie zu lange ungeschützt lassen. Bis Ende Juli, also kurz vor Anflug, kommt man mit 4—5 maligem Spritzen aus. Um diese Zeit müssen die Pflanzen einen lückenlosen Überzug besitzen. Nach dem Anflug spritzt man je nach Bedarf noch ein- oder zweimal." Korff und Hampp[4]) treten zunächst für die Verwendung einer 1%igen Kupferkalkbrühe ein, jedoch soll der junge Stockaustrieb und der Blütenansatz mit 0,5%iger Brühe bespritzt werden. Die Häufigkeit der Spritzungen soll sich nach Witterungs- und Wachstumsverlauf richten. Zattler[5]) gibt als wichtigste Zeitpunkte für die Spritzungen an: 1. Auftreten der ersten kranken Bodentriebe im Frühjahr, 2. Auftreten der

[1]) Zattler, F., Die Leistungen der Hopfenpflanzer in Bayern in den Jahren 1927 und 1928 auf dem Gebiete der Krankheits- und Schädlingsbekämpfung. Mitt. d. deutsch. Hopfenbauverbandes, 1929, Heft 2.

[2]) Lang, W., und Arker, H., Beobachtungen über die Hopfenperonospora im Jahre 1926. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **7**, 1927, 13—15.

[3]) Lang, W., und Arker, H., Der falsche Mehltau des Hopfens. Erfahrungen im Jahre 1927. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **8**, 1928, 29—31.

[4]) Korff, G., und Hampp, H., Die Bekämpfung der Peronospora an Hopfen. Flugbl. **50** der Bayer. Landesanst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. 1. Aufl. München 1927.

[5]) Zattler, F., Die Peronosporakrankheit des Hopfens. Arb. d. Bayer. Landesanst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. Heft 5, 1928.

ersten kranken Seitentriebe, 3. Zeit der Blütenbildung und 4. die Ausdoldungsperiode. Korff, Zattler und Hampp[1]) geben später an, daß im allgemeinen mit 1%igen, in regenreichen Zeiten mit 1—2%igen Brühen zu spritzen ist. Während der frühesten Jugendentwicklung und zu Beginn der Blüte wird die Verwendung einer 0,5%igen Brühe angeraten. Kurz vor der Ernte soll die Konzentration 1% nicht übersteigen. Angesichts der Tatsache, daß von manchen Hopfenpflanzern bis zu 20 mal gespritzt wurde, erklärt Zattler, daß zehn Spritzungen bei richtiger Wahl der Spritztermine genügen, und daß in Jahren mit normaler Witterung sich die Zahl voraussichtlich verringern läßt. Seit 1930 wird von der bayerischen Hopfenforschungsstelle allgemein die Verwendung 1%iger Brühen empfohlen, da sich gezeigt hat, daß auch die Blüte keine Schädigung dadurch erleidet. Die unter den Hopfenbauern zum Teil vertretene Meinung, daß man durch konzentriertere Brühen die Zahl der Spritzungen verringern und vor allem auch mit den Spritzungen später beginnen könnte, veranlaßte Zattler und Weigand[2]) zu entsprechenden Versuchen. Bei diesen Versuchen wurden bei 6 maliger Bespritzung mit 1%iger und einmaliger Bespritzung vor der Ernte mit 0,5%iger Kupferkalkbrühe die besten Erfolge erzielt.

Zur Bekämpfung der Kiefernschütte *(Lophodermium pinastri)* wird die zweimalige Anwendung einer 1%igen Kupferkalkbrühe in der Zeit von Mitte Juli bis Ende August empfohlen.[3])

Die Kupferkalkbrühe hat sich ferner als wirksam erwiesen gegen: den falschen Mehltau *(Peronospora spec.)* der Gemüse- und Zierpflanzen, die Blattfallkrankheit der Stachel- und Johannisbeere *(Pseudopeziza ribis)*[4]), den amerikanischen Stachelbeermehltau *(Sphaerotheca mors uvae)*, Blattfleckenkrankheiten an Obstbäumen, Beerensträuchern, Tabak, Gemüse und Zierpflanzen, die durch Pilze der Gattungen *Alternaria, Cercospora, Colletotrichum*[5]), *Entomosporium, Gloeosporium, Heterosporium, Mycosphaerella, Phyllosticta, Septoria*[6]), *Stigmatea* u. a. hervorgerufen werden.[7])

Die Ansichten, ob auch der Spargelrost *(Puccinia asparagi)* durch Bespritzung mit kupferhaltigen Mitteln bekämpft werden soll, sind noch geteilt. Gassner

---

[1]) Korff, G., Zattler, F., und Hampp, H., Die Bekämpfung der Peronospora am Hopfen. Flugbl. **50** der Bayer. Landesanst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. 5. Aufl. München 1928.

[2]) Zattler, F., und Weigand, K., Über Konzentration der Kupferkalkbrühe, Zeitpunkt und Häufigkeit der Bespritzungen bei der Bekämpfung der Peronosporakrankheit des Hopfens. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **11**, 1933/34, 57—68.

[3]) v. Tubeuf, C., Die Schüttekrankheit der Kiefer und ihre Bekämpfung. Flugbl. **8** d. Biol. Reichsanst. 4. Aufl. 1933.

[4]) Adam, D. B., and Pescott, R. T. M., Strawberry culture. Fungus diseases and insect pests. Journ. Dep. Agr. Victoria **50**, 1932, 21—25; Blodgett, E. C., The anthracnose of currant and gooseberry caused by *Pseudopeziza ribis* Phytop. **26**, 1936, 115—152.

[5]) Böning, K., Die Bekämpfung der Brennfleckenkrankheit des Tabaks *(Colletotrichum tabacum)* durch Beizung des Samens und vorbeugende Behandlung der Pflanzen mit chemischen Mitteln. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **10**, 1932, 89—106.

[6]) Böning, K., Versuche zur Bekämpfung der Septoria-Blattfleckenkrankheit des Selleries mit chemischen Mitteln. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **11**, 1933/34, 231—237.

[7]) Winkelmann, A., Erprobte Mittel gegen Pilzkrankheiten. Flugbl. **74** der Biol. Reichsanstalt. 9. Aufl. 1937.

und Hassebrauk[1]) sind der Meinung, daß eine Bekämpfung mit Kupferkalkbrühe ohne nennenswerten Erfolg ist, wenn auch in sehr bescheidenen Grenzen ein Schutz von Neuinfektion geboten wird. Wenn von praktischer Seite das Gegenteil behauptet wird, so liegen nach Ansicht von Gassner und Hassebrauk offenbar subjektive Beobachtungsfehler vor, die darauf beruhen, daß die mit Kupferpräparaten behandelten Parzellen durch ein satteres Grün ausgezeichnet sind. Hülsenberg[2]) dagegen weist darauf hin, daß es nicht allein darauf ankomme, den Krankheitserreger abzutöten, sondern daß es wesentlich sei, die Spargelpflanzen länger grün zu halten. Bei seinen Versuchen konnte er erreichen, daß die Pflanzen 1—2 Monate länger grün blieben.

Eine insektizide Wirkung kommt der Kupferkalkbrühe im allgemeinen nur in geringem Maße zu. Goethe[3]) hatte gute Erfolge mit Kupferkalkbrühe gegen Goldafter- und Ringelspinnerraupen erzielt. Dudley und Wilson[4]) berichten über Wirksamkeit gegen *Empoasca mali*, Poos und Deemer[5]) über solche gegen *Empoasca fabac.* Auch Trappmann und Nitsche[6]) konnten bei der Stabheuschrecke *(Carausius* [*Dixippus*] *morosus)* und bei der Seidenraupe *(Bombyx mori)* eine starke insektizide Wirkung feststellen. Meist reicht aber die insektizide Wirkung der Kupferkalkbrühe nicht aus, so daß ihr zur gleichzeitigen Bekämpfung tierischer Schädlinge besondere Insektizide zugesetzt werden.

Kupfersodabrühe, Burgunderbrühe erhält man durch Zugabe von Sodalösung zu Kupfervitriollösung. Die eintretende Reaktion entspricht der Gleichung

$$10CuSO_4 \cdot 5H_2O + 16Na_2CO_3 \cdot 10H_2O = 10CuO \cdot 4CO_2 + 10Na_2SO_4 + 12NaHCO_3.$$

Danach kommt auf 1,83 Teile Kristallsoda 1 Teil Kupfervitriol.[7]) Mond und Heberlein[8]) haben das Verhältnis 1,06 : 1 gewählt. Bei dem Verhältnis 1,83 : 1 entsteht ein dicker flockiger, blauer, erst allmählich in grünes $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ (Malachit) übergehender Niederschlag. Nach Butler[9]) bildet sich in Burgunderbrühe 1,5 : 1 Malachit ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), bei 1 : 1 Kupferlasur ($2\,CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$). Nach dem Verhältnis 1,06 : 1 hergestellte Brühen enthalten Gemische zunächst

---

[1]) Gaßner, G., und Hassebrauk, K., Beiträge zur Kenntnis des Spargelrostes. Gartenbauwiss. **8**, 1934, 455—476; dies., Über Spargelrost und seine Bekämpfung. Dtsch. Landw. Presse **61**, 1934, 215—216.

[2]) Hülsenberg, H., Die Bekämpfung des Spargelrostes *(Puccinia asparagi D. C.)* in der Prov. Sachsen. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **45**, 1935, 97—111.

[3]) Goethe, R., Wirkung des Kupferkalkes gegen pflanzliche und tierische Schädlinge. Bericht d. kgl. Lehranst. f. Obst- u. Weinbau Geisenheim 1889/90, S. 29—30.

[4]) Dudley, J. E., and Wilson, H. F., Combat potato leaf hopper with Bordeaux. Wisconsin Stat. Bull. **334**, 1921.

[5]) Poos, F. W., and Deemer, R. B., Is the absorption of copper by certain crop plants influenced by climatic, soil and other factors? Journ. Econ. Entom. **26**, 1933, 648.

[6]) Trappmann, W., und Nitsche, G., Beiträge zur Giftwertbestimmung und zur Kenntnis der Giftwirkung von Arsenverbindungen. Mitt. d. Biol. Reichsanstalt, Heft **46**, 1933, 61—89.

[7]) Pickering, Kupferkarbonate u. komplexe Kupferkarbonate. Journ. Chem. Soc. **95**, 1909, 1409. Chem. Ztrbl. 1909 II 1205.

[8]) Mond, R. L., und Heberlein, C., Chemie d. Burgundmischung. Journ. Chem. Soc. **115**, 1919, 1908. Chem. Ztrbl. 1920 I 698.

[9]) Butler, O., and Doran, W. L., Spray solutions and the control of Apple scab. New Gampshire Stat. Bul. **36**, 1928

kolloidaler, aber bald kristallin und damit unbrauchbar werdender Salze. Brühen, die sich von den oben angegebenen Verhältnissen sehr entfernen, z. B. 0,5 : 1 oder 1,84 : 1 können nach Butler[1]) Pflanzenschädigungen hervorrufen. Eine Brühe 1 : 1 ist nach Butler anfangs sauer, wird aber beim Stehen in offenem Behälter neutral und läßt sich durch Zusatz von Zitronensäure oder Weinsäure dauernd haltbar machen. Die fungizide Wirkung kommt der der Kupferkalkbrühe gleich. Neben der leichteren Herstellung hat die Kupfersodabrühe den Vorteil, daß sie auf den behandelten Pflanzen keine Spritzflecken hinterläßt. Sie eignet sich daher besonders für die Behandlung von Zierpflanzen. Außerdem werden die Düsen der Spritzgeräte nicht verstopft. Als Nachteile sind zu nennen: größere Möglichkeit von Blattverbrennungen, geringere Haltbarkeit und die Unmöglichkeit, zur gleichzeitigen Bekämpfung beißender Insekten Arsenmittel hinzusetzen zu können. Allerdings soll in Südfrankreich die Kupfersodabrühe mit Blei- und Kalziumarsenat gemischt verwendet werden. Die Brühe wird in Holland als Spezialmittel gegen den amerikanischen Stachelbeermehltau empfohlen.[2]) Murphy[3]) beobachtete jedoch bei der Anwendung der Burgunderbrühe zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaus starke Verbrennungen. In Holland wird die Kupfersodabrühe auch zur Bekämpfung der Phytophthora viel verwendet.[4])

Nach einer Werbeschrift der Solvay & Comp., Milano[5]), hat der Verbrauch der Burgunderbrühe zur Bekämpfung der Peronospora erheblich zugenommen. So sollen im Jahre 1932 in Frankreich 48200000 hl Burgunderbrühe im Weinbau angewendet sein gegen 19700000 hl im Jahre 1924. In Algerien stieg der Verbrauch von 2900000 hl 1928 auf 5544000 hl 1934.

Burgunderpulver besteht aus Kupfersulfat und Natriumkarbonat. Es soll nach englischen Normen ein britisches Standardsieb von 30 Maschen (B. S. S. 410/1931) vollständig passieren, soll kein wasserlösliches Kupfer und nicht mehr als 2% Alkalität, berechnet als Natriumkarbonat, bei Prüfung nach Vorschrift aufweisen.[6])

Bei der Anwendung der Kupferalaun- oder Martinibrühe hat sich gezeigt, daß das Kupfervitriol bis zur Hälfte ohne Beeinträchtigung der Wirkung durch Alaun ersetzt werden kann.[7]) Die Haftfähigkeit wird durch den Alaunzusatz wesentlich erhöht. Eine größere Verbreitung hat diese Brühe ebenso wie

---

[1]) Butler, O., Burgundy mixture. New Hampshire Stat. Bul. **256**, 1933, 16.

[2]) Middelen tegen plantenziekten en schadelijke dieren in land- en tuinbouw. Verslagen en Mededeelingen van den Plantenziektenkundigen Dienst, Nr. 43.

[3]) Murphy, P. A., Experiments on the control of American gooseberry mildew 1925—1929. Irish Dep. Agric. **29**, 1930, 188—204.

[4]) Schander, R., und Staar, G., Untersuchungen über die Bekämpfung der durch *Phytophthora infestans* hervorgerufenen Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln unter besonderer Berücksichtigung der kupferhaltigen Stäubemittel. Arb. d. Kartoffelbauges. Heft 33, 1933.

[5]) Il Trattamento della Peronospora della Vite. Soc. Solvay & Comp. Milano, Via Principe Umberto 12.

[6]) Normung von Schädlingsbekämpfungsmitteln in England. Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung **1**, 1934, 147—148.

[7]) Wortmann, J., Untersuchungen über *Plasmopara viticola* de By. Wein und Rebe **1**, 1919, 99.

eine solche, bei der das Kupfersulfat bis zur Hälfte durch das billigere Aluminiumsulfat ersetzt wurde, nicht gefunden.[1]) Versuche mit Brühen, in denen das Kupfersulfat ganz oder teilweise durch Zinksulfat ersetzt wurde, zeigten bei der Peronosporabekämpfung befriedigende Ergebnisse. Roberts und Pierce[2]) hatten mit einer Brühe, die auf 100 l Wasser 800 g Zinksulfat und dieselbe Menge gelöschten Kalk enthielt, gute Erfolge bei der Bekämpfung von *Bacterium pruni*, bei schwächerem Befall war die Brühe auch gegen *Cladosporium carpophilum* und *Sclerotinia fructicola* an Pfirsich genügend wirksam. Als besonderer Vorteil wird hervorgehoben, daß auch bei Anwendung einer Brühe von doppelter Stärke keine Beschädigungen an Blättern und Früchten hervorgerufen wurden. Kadow und Anderson[3]) beobachteten an Ben Davis-Äpfeln durch Zinksulfat fast ebenso starke Verbrennungen wie durch Kupfersulfat. Bleiarsenat, der Zinkkalkbrühe zugesetzt, verursachte weniger Schäden, als wenn es allein oder mit Schwefelkalkbrühe verspritzt wurde. Dieselbe Feststellung machten Kadow und Anderson[4]), die diese Tatsache darauf zurückführen, daß das Zinksulfat wasserlösliches Arsen bindet. Sie empfehlen daher, Zinksulfat den Bleiarsenbrühen bei der Spritzung von Pfirsichen zuzusetzen, um Verbrennungen zu vermeiden. Im übrigen schreiben sie dem Zinksulfat keine fungizide oder bakterizide Wirkung zu. Gregory[5]) berichtet von guten Erfolgen mit Zinksulfatkalkbrühen bei der Bekämpfung von *Phytomonas woodsii* an *Dianthus caryophyllus*.

Die Kupferammoniakbrühe, auch als Eau céleste oder Azurin bezeichnet, wird durch Zugabe von Ammoniak im Überschuß zu Kupfersulfatlösung hergestellt. Dabei entsteht das komplexe Kupramminsulfat $Cu(NH_3)_4 \cdot SO_4 + H_2O$, das beim Eindunsten seiner Lösung unter Bildung von $CuSO_4 \cdot 2\,Cu(OH)_2$, $(NH_4)_2SO_4$ und $NH_3$ zerfällt. Die Brühe ist zwar etwas weniger wirksam als die Kupferkalkbrühe[6]), doch verursacht sie ebenfalls weniger Spritzflecke und wird daher bei Zierpflanzen angewendet. Auch Verstopfungen der Spritzgeräte sind nicht zu befürchten. Die Brühe hat aber eine mangelhafte Regenbeständigkeit und verursacht leicht Verbrennungen. Nach Hollrung[7]) hat sie sich gegen *Cladosporium citri* bewährt. In Amerika ist die Brühe durch Zusatz von Seife verstärkt und zur gleichzeitigen Bekämpfung von Pilzen und Blattläusen verwendet worden.

Die Kupferkarbonatammoniaklösung, Cuprammincarbonat, $(Cu(NH_3)_2 CO_3)$ soll weniger leicht Verbrennungen als die Kupferammoniakbrühe er-

---

[1]) Müller, K., Ber. d. Hauptstelle f. Pflanzenschutz in Baden für die Jahre 1915—1918. Verlag Ulmer. Stuttgart 1919.

[2]) Roberts, J. W., and Pierce, L., Zinc-lime: a fungicide for the peach. Phytop. **22**, 1932, 415—427.

[3]) Kadow, K. J., and Anderson, H. W., The relation of zinc sulphate to injury from peach and apple sprays in the 1935 season. Phytop. **26**, 1936, 94.

[4]) Kadow, K. J., and Anderson, H. W., The value of zinc sulphate as a peach spray ingredient. Phytop. **25**, 1935, 22—23.

[5]) Gregory, Peach spray on carnations. Flor. Rev. **68**, 1931, 29.

[6]) Middelen tegen plantenziekten en schadelijke dieren in land- en tuinbouw. Verslagen en Mededeelingen van den Plantenziektenkundigen Dienst te Wageningen, Nr. 43. 2. Aufl. 1930.

[7]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 204.

geben.[1]) Das Mittel ist früher unter dem Namen Cupram viel in den Vereinigten Staaten von Nordamerika verwendet worden.

„Cheshunt compound“ wird in England zur Desinfektion von Anzuchterde (S. 169) verwendet. Die Lösung wird folgendermaßen hergestellt. 31 g einer Mischung von Kupfervitriol und Ammoniumkarbonat (2 : 11) werden in 10 l Wasser gelöst. Das selbst bereitete Salzgemisch soll 24 Stunden in verschlossenem Behälter stehen und darauf zunächst in dem zum Sieden erhitzten zehnten Teil des Wassers gelöst werden, wodurch man anscheinend bestimmte Umsetzungen der Salze erreichen will. Cheshunt compound soll nicht weniger als 3,8 % Cu enthalten.

Basisches Kupferkarbonat, Malachit, $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ist früher als Trockenbeizmittel viel verwendet worden (S. 222). Zacher und Kunike[2]) stellten gute Wirksamkeit des Mittels gegen den Kornkäfer fest. Auch als Bodendesinfektionsmittel und als Mittel gegen die Mittelmeerfruchtfliege ist die Verbindung empfohlen worden.[3]) In den Vereinigten Staaten von Nordamerika unterscheidet man Präparate mit verschiedenem Kupfergehalt, z. B. 50, 20 und 18%. Als Streckmittel dient meistens Gips. Auf Bentonit wird nach einem amerikanischen Patent Kupferkarbonat aus einer ammoniakalischen Lösung durch Verjagen des Ammoniaks als feiner Überzug niedergeschlagen.[4]) Der Wirkungsgrad ist außer vom Kupfergehalt von der Feinheit der Präparate abhängig. Diese sollen in wäßriger Aufschwemmung ein 200-Maschensieb zu 99% durchlaufen. Über die Haftfähigkeit von Kupferkarbonat verschiedenen Feinheitsgrades hat Hilgendorff[5]) berichtet.

Sowohl das neutrale als auch das basische Kupferazetat haben für Pflanzenschutzzwecke Verwendung gefunden. Die Lösungen haben den Vorteil, daß sie leicht herzustellen sind, sich lange halten, gute Wirkung zeigen und die Spritzgeräte nicht verstopfen. Auf den Blättern sind sie kaum sichtbar. Das basische Salz ist zuerst 1889 von Beucker[6]), das neutrale nach Chuard und Dusserre[7]) in Frankreich seit 1892 gegen *Plasmopara viticola* verspritzt worden. Galloway[8]) hatte mit einer 1,13 %igen Lösung des neutralen Salzes gegen *Guignardia Bidwellii* (black rot) dieselben Erfolge wie mit einer 3,4%igen Kupferkalkbrühe. Nach

---

[1]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 242.

[2]) Zacher, F., und Kunike, G., Beiträge zur Kenntnis der Vorratsschädlinge. 5. Beitrag. Untersuchungen über die insektizide Wirkung von Oxyden und Karbonaten. Arb. d. Biol. Reichsanst. **18**, 1931, 201—231.

[3]) Miller, R. L., and McBride, O. C., Experiments with copper carbonate, lead arsenate, and other compounds against the Mediterranean fruit fly in Florida. Journ. econ. Ent. **24**, 1931, 1119—1131.

[4]) Amerik. Pat. 1853397. Siehe Chem. Ztrbl. 1934, II, 2434.

[5]) Hilgendorff, G., Über die Bestimmung der Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Fortschr. d. Landw. **3**, 1928, 725—729.

[6]) Beucker, Traitement du mildiou. Prog. Agric. et Vitic. **12**, 1889, 90—94.

[7]) Chuard, et Dusserre. Sur les verdets employés dans la lutte contre le mildiou. Agric. Vaud. **17**, 1904, 291—297.

[8]) Galloway, B. T., Experiments in the treatments of plant diseases. Journ. Mycology **7**, 1894, 12—16.

Hollrung[1]) hat sich das neutrale Salz in Amerika 1,25%ig gegen *Phytophthora infestans* als wirksam erwiesen. Im allgemeinen wird dem neutralen Salz der Vorzug gegeben, obwohl das basische besser haftet. Nach Butler und Smith[2]) kann die Haftfähigkeit durch Zusatz von 0,05% Gelatine wesentlich verbessert werden. In Deutschland haben Kupferazetatlösungen als Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten bisher keine Verbreitung gefunden. Der Grund wird wahrscheinlich darin liegen, daß die Ergebnisse der angestellten Versuche nicht immer befriedigend waren.[3]) Außerdem ist der Preis der Kupferazetatlösungen höher als der der Kupferkalk- und Kupfersodabrühen.[4])

In Amerika wird neuerdings das „red copper oxide" bezeichnete Cuprooxyd, Kupferoxydul, $Cu_2O$, ein schweres ziegel- bis violettrotes Pulver als Beiz-, Spritz- und Stäubemittel verwendet. Nach Horsfall und Hamilton[5]) erwies sich das Mittel als wirksam gegen Apfelschorf, Braunfleckenkrankheit der Tomate, Rosenmehltau, Schwarzfleckenkrankheit und Anthraknose der Schneebeere. Verschiedentlich zeigten sich bei der Anwendung Schäden an Pflanzen, die aber nicht so stark wie die bei der Anwendung von Kupferkalkbrühe beobachteten waren. Außerdem konnten sie durch Zusatz von Kalk und Baumwollsaatöl vermieden werden. Cuprooxyd hat eine gute Regenbeständigkeit. Nach Ansicht von Horsfall und Hamilton ist das Cuproion wirksamer als das bisher meist zur Anwendung gekommene Cupriion.

Im Pflanzenschutz sind weitere Cu-Verbindungen versuchsweise angewendet worden, ohne daß sie Bedeutung erlangt haben. Zu nennen sind: Kupferrhodanid[6]), Kupferchlorid, Kupferstearat als Ersatz für Kupferkalkbrühe; Kupferoxalat[7]), Kupferlactat, basisches Kupferchlorür[8]) als Beizmittel; ferner Kupferzyanid, Kupferthiozyanat, Kupferresinat[9]), Kupferphosphat, Ammoniumkupfersilikat (Coposit)[10]). Als Bekämpfungsmittel gegen Hederich und Ackersenf ist ein kupferchloridhaltiges Mittel unter der Bezeichnung Obranit und ein Kupfernitrat enthaltendes als Raphanit bekannt.

---

[1]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 248.

[2]) Butler, O., and Smith, T. O., On the use of the acetates of copper as fungicides. Phytop. **12**, 1922, 279—289.

[3]) Fischer, Mittel zur Bekämpfung der Peronospora und des Oidiums der Rebe. Ber. d. Staatl. Lehranst. Geisenheim, 1907, 22—23.

[4]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 248.

[5]) Horsfall, J. G., Newhall, A. G., and Gutermann, C. E. F., Dusting miscellaneous seeds with red copper oxide to combat damping-off. New York Stat. Agr. Exp. Stat. Bull. **643**, 1934; Hamilton, J. M., Some fungicidal possibilities of red copper oxide. Phytop. **25**, 1935, 21.

[6]) Paillot, A., und Pussard, R., Über den Gebrauch von Kupferrhodanid in der Landwirtschaft. Rev. Viticult. **72**, 1930, 483—485.

[7]) Washington State Coll. Agric. Exp. Stat. Bull. **229**, 1928, 38. annual report.

[8]) Schwaebel, F. H., Kupferhaltige Trockenbeizen. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **40**, 1930, 113—117.

[9]) De Ong, E. R., Fungicidal value of pine-tar oil and copper resinate. Phytop. **22**, 1932, 861—864.

[10]) Paole, R. F., Effects of some copper compounds on the control of *Bacterium pruni* and on the peach tree. Phytop. **26**, 1936, 105.

Auch bei den kupferhaltigen Spritzmitteln hat man versucht, sie in kolloidale Form zu bringen. Die flüssigen kolloidalen Mittel haben aber keine Bedeutung erlangt, da der Preis und die Transportkosten zu hoch waren.

Zur bequemeren Herstellung von kupferhaltigen Brühen ist in den letzten Jahren eine große Zahl von Handelspräparaten auf dem Markt erschienen. Zunächst bestanden diese Präparate vielfach aus einem Gemisch von Kupfersulfat und Kalk oder Soda. Neben der bequemeren Herstellung sollte in vielen Fällen durch möglichst feine Verteilung eine bessere Wirkung erzielt oder es sollte die Gefahr von Verbrennungen herabgesetzt werden. In USA. bereitet man sich derartige Mittel vielfach selbst, z. B. ,,copper lime dust" aus 20 Teilen Kupfersulfatmonohydrat und 20 Teilen Kalkhydrat, ferner die gleiche Mischung mit 25 Teilen Kalziumarsenat (40%), weiter ähnliche Mischungen mit 10% Nikotinsulfat. Den Gemischen haftet der Nachteil des schnellen Überganges des Kalkhydrats in Karbonat an, der bei warmem feuchtem Wetter in wenigen Stunden, bei trockenem Wetter in einigen Tagen vor sich geht.

Neuerdings sind eine Reihe von Kupferpräparaten in den Handel gekommen, die als wirksamen Bestandteil Kupferoxychlorid $3\,CuO \cdot CuCl_2 \cdot H_2O$, ein hellgrünes, wasserunlösliches Pulver von nicht immer ganz einheitlicher Zusammensetzung enthalten. Diese Mittel haben den Vorteil, daß die mit ihnen angesetzten Brühen keinen Kalkzusatz erfordern, leicht anzurühren sind, weniger leicht Verbrennungen als andere Kupfermittel hervorrufen, sich mit Emulsionen von Obstbaumkarbolineum mischen lassen, sich mit alkaliempfindlichen Mitteln, wie z. B. Pyrethrum besser vertragen und auch im Preise nicht so hoch wie andere Fertigpräparate sind. Als einziger Nachteil ist zu nennen, daß die Mittel mit saurem Tabakextrakt, mit Schweinfurtergrün und anderen schwachsauren Substanzen nicht gemischt werden können.

Zur gleichzeitigen Durchführung mehrerer Bekämpfungsmaßnahmen werden den kupferhaltigen Mitteln vielfach andere zugesetzt, vor allem als Insektizide Kalzium- und Bleiarsenat. Aber auch kompliziertere Mischbrühen, die neben Kupfer Arsen, Nikotin und Schmierseife enthalten, haben sich bewährt. Auch mit seifenfreien Ölemulsionen (Baumspritzmittel) sind Kupferkalkbrühe und andere kupferhaltige Verbindungen mischbar. Bei Zugabe von Seife zur Kupferkalkbrühe muß man immer mit der Bildung von unlöslichem fettsaurem Kalzium rechnen.

Fertigpräparate, die wirksame Substanzen gegen pilzliche und tierische Schädlinge enthalten, werden als kombinierte Mittel bezeichnet.

Auch kupferhaltige Mittel wendet man als Pulver an. In Amerika wird wasserfreies feingepulvertes Kupfersulfat (etwa 9 kg auf 1 ha) zur Bekämpfung von Schnecken empfohlen. Eine besondere Bedeutung kommt dem Kupfersulfat in trockener Form bei der Bekämpfung der Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit) zu.[1]) Es wird dabei in der sog. ,,Schneeform" in Mengen von 50—150 kg je ha angewendet. Für die Bekämpfung von Krankheiten wurden die kupferhaltigen Stäubemittel zunächst meist aus wasserfreiem Kupfersulfat und Kalk-

[1]) Rademacher, B., Die Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit). Flugbl. **137** der Biol. Reichsanst. 1. Aufl. 1935.

staub hergestellt. In den letzten Jahren ist eine große Zahl von Fertigpräparaten in den Handel gekommen, die zum Teil eine andere Zusammensetzung haben. Da die kupferhaltigen Stäubemittel besonders stark den Witterungseinflüssen unterliegen, ist es durchaus verständlich, wenn die Berichte über die Wirksamkeit solcher Mittel sehr verschieden lauten. So berichtet Neuweiler[1]), daß sich Stäubemittel bei seinen Versuchen zur Bekämpfung der Phytophthora nicht bewähren. Auch bei Versuchen in Dänemark[2]) erreichte das verwendete Kupferstäubemittel Pota nicht die Wirkung der Kupferkalkbrühe. Schander und Staar[3]) sind dagegen der Ansicht daß kupferhaltige Stäubemittel, nach Verbesserung einiger physikalischer Eigenschaften und wenn eine Senkung der Preise der Fertigpräparate um etwa 50% eingetreten ist, eine bedeutende Rolle bei der Bekämpfung der Phytophthora spielen werden. Stolze[4]) kommt auf Grund seiner Versuche zur Bekämpfung der Blattfleckenkrankheit der Rübe *(Cercospora beticola)* zu dem Ergebnis, daß das Spritz- und Stäubeverfahren bei der Bekämpfung dieser Krankheit einander gleichwertig sind. Le Clerg[5]) hatte mit Stäubemitteln nicht dieselben guten Ergebnisse wie mit Spritzmitteln. Auch bei der Bekämpfung der Peronospora an Reben steht die Wirkung der Stäubemittel der der Spritzmittel nach, selbst wenn die Stäubemittel öfters angewendet werden. Stäubemittel werden daher in Deutschland zur Bekämpfung der Peronospora nur als Zwischenbehandlungsmittel empfohlen, d. h. es kann zwischen zwei Spritzungen eine Bestäubung eingeschoben werden.[6]) Bei der Bekämpfung der Wildfeuerkrankheit des Tabaks *(Pseudomonas tabaci)* und der Blattfleckenkrankheit des Selleries *(Septoria apii)* war die Wirkung der Stäubemittel nach Böning[7]) genau so gut wie die der Spritzmittel. Auch bei der Bekämpfung des Fusikladiums sind mit kupferhaltigen Stäubemitteln gelegentlich durchaus befriedigende Erfolge erzielt worden. Doch bringt die Anwendung von Stäubemitteln an einzelstehenden Bäumen bei dem augenblicklichen Stand der Technik noch besondere

---

[1]) Neuweiler, E., Kartoffelspritzversuche 1916—1925. Landw. Jahrb. d. Schweiz. **40**, 1926, 469—515.

[2]) v. Rathlef, H., Schwedische und dänische Beobachtungen über Krankheitsanfälligkeit, Ausgeglichenheit der Knollen und Reifezeit einiger Kartoffelsorten. Fortschr. d. Landw. **4**, 1929, 632—634.

[3]) Schander, R., und Staar, G., Untersuchungen über die Bekämpfung der durch *Phytophthora infestans* hervorgerufenen Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln mit besonderer Berücksichtigung der kupferhaltigen Stäubemittel. Arb. d. Kartoffelbauges. Heft 33, 1930, 138 S.

[4]) Stolze, K. V., Beiträge zur Biologie, Epidemiologie und Bekämpfung der Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe *(Cercospora beticola Sacc.)*. Arb. d. Biol. Reichsanst. **19**, 1931, 305—402.

[5]) Le Clerg, E. L., Dusting and spraying experiments for the control of sugarbeet leaf spot in Southern Minnesota. Phytop. **25**, 1935, 235—243.

[6]) Zillig, H., Der falsche Mehltau (Peronospora) des Weinstocks und seine Bekämpfung. Flugbl. **41** d. Biol. Reichsanst. 5. Aufl. 1932; Müller, K., und Sleumer, H., Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit des Weinstocks. Landw. Jahrb. **79**, 1934, 509—576.

[7]) Böning, K., Versuche zur Bekämpfung des Wildfeuers an Tabak mit chemischen Mitteln. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **13**, 1935/36, 50—57; ders., Versuche zur Bekämpfung der Septoria-Blattfleckenkrankheit des Selleries mit chemischen Mitteln. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **11**, 1933/34, 231—237.

Schwierigkeiten mit sich und führt zu einem übermäßig starken Materialverbrauch. Bei Bekämpfungsversuchen gegen *Alternaria brassicae (Berk.)* konnte Nielsen[1]) mit 2%iger Kupferkalkbrühe den Befall um die Hälfte herabsetzen. Ein Kupferstäubemittel „Himmo" war dagegen unwirksam.

Spritzen mit Kupferkalkbrühe und Stäuben mit Kupferkalkpulver ergab bei den Versuchen von Dudley und Fluke[2]) keinen Unterschied bei der Bekämpfung von *Empoasca mali* an Kartoffeln. Boyd[3]) gibt aber den Spritzmitteln den Vorzug bei der Bekämpfung dieses Schädlings. Bei den von Moore und Wheeler[4]) in den Jahren 1927 und 1928 in 22 Betrieben durchgeführten Versuchen ergab Spritzen mit Kupferkalkbrühe um die Hälfte höhere Mehrerträge als das Bestäuben mit Kupferkalkpulver.

Über die unter Umständen ungünstige Einwirkung von kupferhaltigen Mitteln auf die allgemeine Entwicklung der Pflanze ist bereits an anderer Stelle (S. 340) berichtet worden. Vielfach rufen kupferhaltige Mittel an Pflanzen Verbrennungen hervor, die von manchen Seiten auch als „Verbräunungen" bezeichnet werden.

Diese nachteilige Wirkung von kupferhaltigen Mitteln hat dazu geführt, daß z. B. in den Vereinigten Staaten von Nordamerika diese Mittel im Obstbau nur noch eine verhältnismäßig geringe Rolle spielen, und auch in Deutschland verzichtet man vielfach zu gewissen Zeiten in manchen Gegenden auf ihre Anwendung. Im Weinbau treten diese Verbrennungen in der Hauptsache im Jugendstadium der Blätter ein. Man sucht sie dadurch zu vermeiden, daß man die erste Spritzung mit Brühen geringer Konzentration durchführt. Die jungen Apfelblättchen sind nach Loewel[5]), wenn sie nicht durch Frost, phenolreiche Karbolineen oder Insekten geschädigt sind, gegen Kupfer nicht besonders empfindlich. Dagegen werden die freistehenden Blütenstiele leicht geschädigt, so daß die Stiele vertrocknen und die Blüten abgeworfen werden. Nach Kotte[6]) äußern sich die Schäden an den Blättern von Kern- und Steinobst in ganz verschiedener Form. Bei Kernobst treten braune eintrocknende Flecken hervor, die sich oft mitten auf der Blattfläche, manchmal auch am Rande, befinden. Wenn die Flecken über eine gewisse Größe hinausgehen, wird das Blatt abgeworfen. Während bei Kernobst die Verbrennungsschäden erst 1—2 Wochen nach der Spritzung auftreten, zeigen sie sich an jungen Rebblättern unmittelbar nach der Spritzung. Bei Steinobst, Mirabellen, Pflaumen, Zwetschen und einigen Kirschensorten beginnt die Schädigung mit zahlreichen kreisrunden Flecken auf der Blattfläche, die im durchfallenden Licht aufgehellt und gelblichgrün erscheinen. Das Blattgewebe trocknet an diesen Stellen bald ein und fällt heraus,

---

[1]) Nielsen, N. J., Forsøg med Bekaempelse af Skulpesvamp. *(Alternaria Brassicae, A circinans.)* Tidsskrift for Planteavl. **39**, 1933, 437—452.

[2]) Dudley, J. E., and Fluke, C. L., Spraying versus dusting to control the potato leaf hopper in commercial potato fields of Wisconsin. Res. Bull. Exp. Stat. Un. Wisconsin **82**, 1928.

[3]) Boyd, O. C., The relative efficiency of some copper dusts in control of potato-diseases and insects-pests. Corn. Un. Ithaka-New York Bull. **451**, 1928.

[4]) Moore, H. C., and Wheeler, E. J., Spraying and dusting potatoes in Michigan. Michigan Stat. College of Agric. and Appl. Science Spec. Bull. **234**, 1933, 23 S.

[5]) Loewel, E. L., Die Auswirkung der Kupferschäden zu den einzelnen Spritzzeiten. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **44**, 1934, 71—76.

[6]) Kotte, W., Spritzmittelschäden im Obstbau. Gartenbauwiss. **5**, 1931, 525—540.

so daß die Blätter ähnlich wie beim Befall der durch *Clasterosporium carpophilum* verursachten Schrotschußkrankheit aussehen. Bei starker Schädigung erinnert das Bild bei oberflächlicher Betrachtung an Raupenfraß. Eigenartige Schäden durch Kupfer werden an manchen Kirschensorten hervorgerufen, über die auch Osterwalder[1]) aus der Schweiz berichtet hat. Bei diesen rollen sich die Blätter nach der Behandlung mit kupferhaltigen Mitteln nach oben ein, ohne daß sich Flecken bilden. Die untere Blattepidermis bildet große Mengen von Anthozyan, so daß die Bäume wie im Herbst rot aussehen. Beim Kernobst werden außer den Blättern auch die Früchte vielfach geschädigt. Bei rauhschaligen Sorten tritt verstärkte Korkbildung auf der Schale auf; bei schwerer Schädigung platzt die Schale in breiten Rissen auf. Glattschalige Sorten bekommen eine rauhe Haut. Die Erscheinung bezeichnet man als Berostung (russetting). Die Kupferbehandlung wirkt sich bei diesen Sorten insofern noch ungünstig aus, als die Früchte nicht ausfärben und anstatt der gelben und roten Töne nur schmutzig grüngelbe und rotbraune entwickeln.

Die durch kupferhaltige Mittel hervorgerufenen Verbrennungen sind von verschiedenen Faktoren abhängig: 1. von der Art und Sorte des Obstes, 2. von Klima und Witterung, 3. vom physiologischen Zustand des Baumes und 4. von dem Zustand der Blätter. Nach Kotte[2]) können Pfirsiche, Mirabellen, Zwetschen und Pflaumen mit keinem der bisher bekannten Kupferspritzmittel behandelt werden, ohne daß Blattschäden auftreten. Als besonders empfindlich haben sich erwiesen alle Pfirsichsorten, Mirabelle von Metz und Bühler Frühzwetsche. Aprikosen dagegen sollen nach Schweizer Mitteilungen gegen Kupfer unempfindlich sein. Nach Erfahrungen in der Pfalz und in Baden trifft das aber nicht für alle Sorten zu. Die meisten Kirschensorten sind nicht sehr empfindlich. Birnen zeigen am Laub wenig Schäden, doch werden bei einigen Sorten die Früchte leicht rauhschalig und platzen auf. Quitten gelten als unempfindlich gegen Kupfer. Bei Apfel gibt es kupferempfindliche und verhältnismäßig unempfindliche Sorten.

In Baden erwiesen sich als empfindlich: Kasseler Renette, Graue Herbstrenette, Graue französische Renette, Cox-Orangen-Renette, Osnabrücker Renette, Goldrenette von Blenheim, Königlicher Kurzstiel, Weißer Winterkalvill, Adersleber Kalvill, Schöner von Boskoop, Ribstons Pepping, Parkers grauer Pepping, London Pepping, Gravensteiner, Weißer Klarapfel, Geflammter Kardinal, Boikenapfel, Winterprinzenapfel, Roter Eiserapfel. Als unempfindlich führt Kotte folgende Sorten auf: Wintergoldparmäne, Baumanns Renette, Champagner Renette, Landberger Renette, Harberts Renette, v. Berlepschs Renette, Kanadarenette, Zuccalmaglios Renette, Rheinischer (Teuringer) Winterrambour, Ontarioapfel, Weißer Taffetapfel, Großer rheinischer Bohnapfel, Herzogin Olga, Minister v. Hammerstein, Gascogner Sämling. Das Verhalten der einzelnen Sorten ist aber nicht einheitlich, so gilt nach Kotte die Kanadarenette im Bodenseegebiet als kupferunempfindlich, an anderen Orten als empfindlich. Er führt das darauf zurück, daß die unter diesem Namen geführten Sorte genetisch nicht einheitlich ist. Die von Kotte als kupferempfindlich bezeichneten Sorten Graue Herbstrenette und Graue französische Renette zeigten nach Gante[3]) keine Emp-

---

[1]) Osterwalder, A., Erfahrungen im Sommer 1930 bei der Bekämpfung des Apfelschorfes und der Schrotschußkrankheit der Steinobstbäume. Schweiz. Ztschr. f. Obst- und Weinbau **40**, 1931, 93—105.

[2]) Kotte, W., Spritzmittelschäden im Obstbau. Gartenbauwiss. **5**, 1931, 525—540.

[3]) Gante, Th., Berostungen an Kernobstfrüchten, verursacht durch Spritzungen mit Schädlingsbekämpfungsmitteln. Anz. f. Schädlingskd. **12**, 1936, 42—45.

findlichkeit gegen Kupfermittel. Schöner von Boskoop, Königlicher Kurzstiel und Weißer Klarapfel, die in Baden überhaupt keine kupferhaltigen Mittel vertragen, konnten nach Gante ohne Schädigungen an Früchten mit Nosprasit O gespritzt werden. Am Weißen Klarapfel zeigten sich Laubschäden.

Das Klima und die Witterung haben nach den bisherigen Erfahrungen den größten Einfluß auf die Schädigungen durch Kupfer. So treten nach Kotte[1]) in Südbaden, das wesentlich höhere Niederschläge aufweist als Nordbaden, regelmäßig stärkere Schäden auf, und auch im Niederelbischen Obstbaugebiet sind Schäden besonders häufig. Kotte weist darauf hin, daß die Steigerung der Kupferschäden bei häufigen Niederschlägen auch theoretisch gut verständlich ist, da durch das Regenwasser aus den Spritzflecken dauernd Kupfer herausgelöst wird. Da die schädliche Wirkung von Kupfer nur dann eintreten kann, wenn Kupfer in das Gewebe unverletzter Blätter und Früchte durch die Epidermisaußenwand eindringen kann, so wird auch von der Permeabilität dieser Wände der Grad der Schädigung abhängen. Bei trockener Witterung wird eine stärkere Kutikula ausgebildet als bei feuchter. Entgegen der allgemeinen Ansicht, wonach nur bei trübem, diesigem Wetter oder an hellen Tagen nur morgens oder abends gespritzt werden sollte, konnte Loewel bei der Durchführung von Versuchen im Niederelbischen Obstbaugebiet feststellen, daß Spritzungen mit Kupfer bei sonnigem klarem Wetter viel geringere Schädigungen hervorriefen.

Nach Menzel[2]) ist die Empfindlichkeit gegen Kupfermittel um so geringer, je höher der Saugkraftwert der Pflanze ist. Da durch Kunstdüngemittel der Saugkraftwert der Pflanze verändert und zwar meist erhöht wird, ändert sich auch in demselben Verhältnis die Empfindlichkeit gegen Kupferspritzmittel. Gedüngte Pflanzen sind nach Menzel gegen Kupferspritzmittel weniger empfindlich als ungedüngte. Reichlich blühende und tragende Bäume mit wenig Trieb- und Laubwerk werden nach Beobachtungen von Kotte[1]) stärker geschädigt als solche, die nicht blühen und dafür viel Laubwerk entwickeln. Menzel[2]) dagegen stellte fest, daß nichttragende Bäume empfindlicher als tragende gegen Kupferspritzmittel sind.

Besonders empfindlich sind die Bäume in der Zeit nach der Blüte bis etwa Anfang Juli. Infolgedessen wird in den Gebieten, in denen regelmäßig mit Kupferschäden zu rechnen ist, während dieser Zeit nicht mit kupfer-, sondern mit schwefelhaltigen Mitteln gespritzt.

Besonders starke Spritzschäden zeigen sich, wenn die Blätter durch saugende Insekten und durch Schorfbefall verletzt sind. Selbst verhältnismäßig kupferunempfindliche Apfelsorten zeigen dann Schäden.

Neben osmotischen Größen spielt nach den Untersuchungen von Menzel bei der Kupferempfindlichkeit auch die Blattstruktur eine Rolle. Da die Blattstruktur bei tragenden und nichttragenden Bäumen verschieden ist, erklärt er auch daraus das unterschiedliche Verhalten von tragenden und nichttragenden Bäumen gegen Kupfer.

---

[1]) Kotte, W., Spritzmittelschäden im Obstbau. Gartenbauwiss. **5**, 1931, 525—540.

[2]) Menzel, K. Chr., Untersuchungen der schädigenden Wirkungen kupferhaltiger Spritzmittel. Angew. Botanik **17**, 1935, 225—253.

Das Auftreten von Schäden[1]) an kupferkalkbehandelten Pflanzen nach Einwirkung von Blausäure wird durch Bildung eines löslichen Cu-Doppelcyanids verursacht, das nur bei beträchtlichem Überschuß von Kalk in den Kupferkalkspritzflecken entsteht.

Da es sich beim Bespritzen bzw. Bestäuben nicht vermeiden läßt, daß Kupfer in den Boden kommt, und außerdem ein Teil des auf die Pflanzen gebrachten Kupfers abgespült wird, ist vielfach die Befürchtung geäußert worden, daß dort, wo regelmäßig gespritzt wird, allmählich eine Vergiftung des Bodens eintreten würde. Paturel[2]) hat zwar festgestellt, daß durch das in den Boden gelangte Kupfersalz die Bakterientätigkeit vermindert werden kann. Da er aber in dem Wasser, mit dem er den Boden ausgelaugt hatte, kein Kupfer fand, schließt er daraus, daß das in löslicher Form in den Boden gelangende Kupfer ziemlich schnell unlöslich wird. Es ist aber durchaus möglich, daß auch unlösliche Kupferverbindungen die Bakterientätigkeit beeinträchtigen. Stellwaag[3]) weist darauf hin, daß außerdem 30 kg Kupfersalze, je Hektar gegeben, wachstumsfördernd sind und stärkere Gaben nicht schädigen.

Vielfach ist die Frage aufgeworfen worden, ob durch die Behandlung mit kupferhaltigen Mitteln eine gesundheitliche Schädigung bei Menschen bei Genuß von Früchten, Mosten und Weizen eintreten kann. Millardet[4]) stellte nach Behandlung mit Kupferkalkbrühe in 1 kg Weintrauben 15—18,6 mg, in 1 l Most 1—2,2 mg und in 1 l Wein weniger als 0,1 mg Kupfer fest. Slyke[5]) hält Vergiftungen durch Genuß von gespritzten Weintrauben für ausgeschlossen, da er an den Trauben so geringe Mengen von Kupfer fand, wie sie von Ärzten als Medizin verordnet werden. Gautier[6]) ermittelte an 1 kg gespritzten Weintrauben 35—70 mg Kupfer, während 1 kg grüner Büchsenerbsen, die zum Erhalten der grünen Farbe kurze Zeit in Kupfersulfatlösung getaucht und dann mit Wasser abgewaschen wurden, 11—12,5 mg Kupfer enthielten.

Benvegnin und Capt[7]) fanden trotz intensiver Behandlung der Weinstöcke mit kupferhaltigen Mitteln im Dezember nur 3 mg im Liter, nach 6monatiger Lagerung betrug der Gehalt nur noch 0,5 mg. Schoenheimer[8]) hält die dauernde Zuführung von geringen Mengen Kupfer für den menschlichen Körper nicht für ganz ungefährlich, da dem Kupfer anscheinend eine besondere Bedeutung bei der Bildung von Gallensteinen zukommt. Er läßt aber die Frage

---

[1]) Butler, O., and Jenkins, R. R., Effect on plant of cyanide fumigation following spraying with Bordeaux mixture. Phytop. **20**, 1930, 419.

[2]) Paturel, Progres agric. et vit. **57**, 1913, 711, zit. nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 218.

[3]) Stellwaag, F., Schädlingsbekämpfung im Weinbau. Verl. Ulmer. Stuttgart 1936, S. 32.

[4]) Millardet, A., Journ. agric. prat. 1895/II, 732, zit. nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 219.

[5]) Slyke, Bull. Geneva **401**, 1891, zit. nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3 Aufl. Berlin 1923, S. 219.

[6]) Gautier, Spraying fruits for insect pest and fungous diseases. U. S. Dep. of Agric. Farmer's Bull. **7**, 1892.

[7]) Benvegnin, L., et Capt, E., Influence des traitements cupriques sur la valeur hygiénique des produits de la vigne. Landw. Jahrb. d. Schweiz. **48**, 1934, 667—682.

[8]) Schoenheimer, R., Über die Bedeutung des Kupfers in der menschlichen Pathologie. Forschungen u. Fortschritte **5**, 1929, 213.

offen, ob die Feststellung von Kupfer in den Gallensteinen tatsächlich durch Aufnahme von Kupfer mit Früchten, Wein u. dgl. zurückzuführen ist oder auf krankhafte Ausscheidung anderer Organe.

Schmidt[1]) hält das Weinlaub, das nicht mit einer stärkeren als 2%igen Kupferkalkbrühe bespritzt wurde, und sofern die Spritzung nicht unmittelbarvor dem Verfüttern vorgenommen wurde, für unschädlich. Padovani[2]) stellte aber Erkrankungen von Rindern nach dem Genuß von bespritztemWeinlaub fest. Ellenberger und Hoffmeister[3]) und Baum und Seligmann[4]) konnten ebenfalls die Schädlichkeit des Kupfers an Schafen bzw. anderen Tieren feststellen. Neuerdings entstanden im Niederelbischen Obstbaugebiet beträchtliche Verluste an Schafen die unter Obstbäumen geweidet hatten, die mit kupferhaltigen Mitteln gespritzt waren.[5])

Die Ansicht, daß Bienen durch kupferhaltige Mittel geschädigt werden, ist vielfach aus Praktikerkreisen geäußert worden. Jacky[6]) machte die Wahrnehmung, daß mit Kupferkalkbrühe bespritzte Obstbäume von Bienen gemieden wurden und daß Bienen an die Brühe nicht herangehen, selbst wenn diese gezuckert ist. Dieselben Feststellungen machten Borchert[7]) und Himmer[8]) und Böttcher[9]). Während nach Böttcher durch leichte Bespritzung oder Bestäubung mit kupferhaltigen Hederichbekämpfungsmitteln eine Schädigung nicht eintrat, wurde von Koch[10]) nach Bespritzung von Bienen mit Kupferkalkbrühe ein starker Totenfall festgestellt. Koch beobachtete, daß die Bienen sich nach dem Bespritzen gegenseitig trocken leckten. Wenn auf Grund dieser Beobachtungen Koch die kupferhaltigen Mittel für Bienen als gefährlich anspricht, so muß demgegenüber betont werden, daß im allgemeinen weder bei der Obstbaumbespritzung noch bei der Unkrautbekämpfung in die Blüte gespritzt wird und daß die Bienen nur selten von der Spritzbrühe getroffen werden, da nach den Feststellungen Böttchers beim Herannahen der Spritzen die Bienen auffliegen und erst nach dem Antrocknen der Mittel zurückkehren.

---

[1]) Schmidt, Th., Österr. Ztschr. f. wissensch. Veterinärkunde **6**, 1894, zit. nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 220.

[2]) Padovani, Giorn. di Vet. Mil. 1893, zit. nach Lütje, Massenerkrankungen unter Weidetieren in Obsthöfen nach der Verwendung von Kupferkalkbrühe zur Obstschädlingsbekämpfung. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **9**, 1929, 1—3.

[3]) Ellenberger und Hoffmeister, Archiv f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde **9**, 1883, zit. nach Lütje (wie unten).

[4]) Baum, und Seligmann, Archiv f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, 1898, zit. nach Lütje (wie unten).

[5]) Lütje, Massenerkrankungen unter Weidetieren in Obsthöfen nach der Verwendung von Kupferkalkbrühe zur Obstschädlingsbekämpfung. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **9**, 1929, 1—3.

[6]) Jacky, E., Gezuckerte Bordeauxbrühe und Bienenzucht. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **11**, 1901, 212—214.

[7]) Borchert, A., Untersuchungen über die Giftwirkung kupferhaltiger Mittel bei den Bienen. Berliner Tierärztl. Wochenschr. **46**, 1930, 84—91.

[8]) Himmer, A., Welche Maßnahmen des Pflanzenschutzes sind für die Bienen gefährlich? Nachrichten über Schädlingsbekämpfung **8**, 1933, 149—157.

[9]) Böttcher, F. K., Untersuchungen über den Einfluß einiger chemischer Hederichbekämpfungsmittel auf die Bienen. Dissertation Erlangen 1935.

[10]) Koch, A., Einflüsse verschiedener Schädlingsbekämpfungsmittel auf die Bienen. Arbeitsbericht aus d. Landesinstitut f. Bienenforschung Celle für das Jahr 1935.

### β) Quecksilberverbindungen

Quecksilberverbindungen werden im wesentlichen als Saatbeizmittel (S. 210) verwendet. Der Verbrauch betrug nach Klages[1]) in Deutschland etwa 800 t jährlich.

Nachdem man sich anfangs, von Untersuchungen Hiltners ausgehend, lediglich des Sublimats $HgCl_2$ bediente, erfuhr die Beizmittelfrage eine besondere Förderung, als in den Organoquecksilberverbindungen Stoffe von hoher fungizider Wirkung, aber geringem Einfluß auf die Keimkraft des Getreides gefunden wurden. Im Hinblick auf den hohen Preis und die Giftigkeit quecksilberhaltiger Stoffe bemühte man sich, organische Hg-Verbindungen von höchster fungizider Wirksamkeit zu ermitteln. In einigen neuzeitlichen, brauchbaren Beizen ist der Hg-Gehalt bereits stark herabgesetzt worden.

Weiter spielen quecksilberhaltige Mittel für die Bodendesinfektion eine bedeutende Rolle (s. Kapitel über Bodendesinfektion S. 169). Ferner werden Quecksilbersalze, besonders das bekannte Uspulun, als Zusatz zum Lehmbrei benutzt, in den die Pflanzen zum Schutz gegen Krankheitserreger vom Boden aus getaucht werden. Mit dieser Methode hat man vor allem Erfolge bei der Bekämpfung der Kohlhernie[2]) und des Wurzelkropfes an Obstbäumen[3]) gehabt. Nach Flachs[4]) empfiehlt sich zur Bekämpfung der durch *Didymella lycopersici* verursachten Stengelfäule die Spritzung der jungen Pflanzen mit 0,25%iger Uspulunlösung im Abstand von 8—14 Tagen. Die Behandlung muß jedoch dann unterlassen werden, wenn die Früchte größer werden, da das Mittel den Geschmack der Früchte beeinträchtigt. Zur Bekämpfung derselben Krankheit rät Meyer-Hermann[5]) das Bepinseln der unteren und mittleren Stengelteile und beim ersten Auftreten der Krankheit das Bepinseln der befallenen Stellen mit Uspulun. Bei schwächerem Auftreten der durch *Bacterium tumefaciens* verursachten Mauke der Reben hat man nach Stapp[6]) Erfolge, wenn man die Wucherungen bis aufs Holz ausschneidet und die Wunden mit 0,5%iger Uspulunlösung bestreicht.

Diese genannten Versuche sind durchweg mit Uspulun, dem ältesten Beizmittel, das eine organische Quecksilberverbindung enthält, durchgeführt worden. (Nicht mit Uspulun-Universal!) In den meisten Fällen werden für denselben Zweck auch die anderen genannten Naßbeizmittel verwendet werden, doch liegen in dieser Hinsicht nur einzelne Erfahrungen vor.

Sublimat, Merkurichlorid, Quecksilberchlorid, $HgCl_2$, weiße, glänzende Prismen. 100 Teile Wasser lösen bei 0° 4,3 Teile, bei 20° 7,39 Teile, bei 100°

---

[1]) Klages, A., Bekämpfung von Schädlingen der Kulturgewächse durch chemische Mittel. Bekämpfungstechnik (Vortrag). Ztschr. f. angew. Chemie **45**, 1932, 368.

[2]) Werth, E., Die Kohlhernie und ihre Bekämpfung. Flugbl. **56** d. Biol. Reichsanst. 7. Aufl. 1933.

[3]) Stapp, C., Der Wurzelkropf oder Bakterienkrebs der Obstbäume und seine Bekämpfung. Flugbl. **78** d. Biol. Reichsanst. 2. Aufl. 1931.

[4]) Flachs, K., Schädlinge und Krankheiten an Gemüse und Beerenobst. Verl. Obst- und Gartenbaubedarf Bayern. Nürnberg, 112 S.

[5]) Meyer-Hermann, K., Die Tomatenfäule und ihre Bekämpfung. Dtsch. Landw. Presse **61**, 1934, 141—142.

[6]) Stapp, C., Zur Bekämpfung der Mauke der Reben. Angew. Botanik **11**, 1929, 333—341.

54 Teile des Salzes; auch in Alkohol löslich. Überschüssige Alkalien fällen gelbes Oxyd HgO, geringe Mengen Alkalien sowie Alkalikarbonate und -bikarbonate (hartes Wasser) fällen bräunliche Oxychloride. Sublimatlösungen dienen heute nicht mehr zum Beizen des Getreides, sondern nur noch zur Desinfektion von Blumenzwiebeln und Kartoffeln (S. 237). Weiter wird es zur Holzkonservierung und (0,06%) gegen Kohl- und Zwiebelfliegen (S. 170) benutzt. Eine $HgCl_2$-HCl-Kombination empfiehlt Magee[1]) gegen Kartoffelschorf. Die Komplexsalze des Sublimats mit Alkalichloriden, z. B. $Na_2HgCl_4$ reagieren im Gegensatz zu den sauren Sublimatlösungen infolge Bildung komplexer $HgCl_4''$-Ionen neutral, sind gegen Bikarbonate (hartes Wasser) beständig und haben nach Bodnár und Roth[2]) verminderte Giftwirkung auf den Samenkeim.

Quecksilberamidochlorid $Cl \cdot Hg \cdot NH_2$ bildet sich als weißer unschmelzbarer Niederschlag aus $HgCl_2$ und $NH_3$ in wäßriger Lösung. Gleich bei seiner Entstehung auf Trägerstoffen wie Kalk, Ton, Kieselerde niedergeschlagen, ist es als Saatgutbeizmittel, verwendet worden.[3])

Kalomel, Merkurochlorid, Quecksilberchlorür, $Hg_2Cl_2$, gelblichweißes Pulver von äußerst geringer Wasserlöslichkeit. Es ist infolge der Schwerlöslichkeit weit weniger giftig als Sublimat, kann aber durch den unter Umständen in Gegenwart von Chloriden wie NaCl eintretenden Zerfall in Chlorid und Metall giftige Eigenschaften annehmen. Kalomel wird in USA. teilweise anstatt Sublimat in Form wäßriger Suspensionen oder als Staubpulver aus 4% Kalomel und 96% Gips benutzt.[4])

Quecksilberzyanid, $Hg(CN)_2$, farblose, in Wasser leichtlösliche Säulen. Die Verbindung besitzt keinen Salzcharakter, bildet also in Wasser keine nennenswerten Mengen von Hg- und CN-Ionen und reagiert infolgedessen auch z. B. nicht mit Alkalien oder Silbernitrat. Das ungemein giftige Quecksilberzyanid ist Bestandteil ausländischer Beizmittel.

Quecksilberoxyd, Merkurioxyd, HgO, gelbes, schweres, wasserunlösliches Pulver und in Wasser schwerlösliche basische Salze, wie basisches Sulfat und basisches Nitrat, benutzt die Du Pont de Nemours & Co.[5]) mit Füllmitteln als Saatbeize.

Unter den Organoquecksilberverbindungen sind hauptsächlich zu nennen die eigentlichen „Organo"-Verbindungen mit direkt an Kohlenstoff gebundenem Quecksilber, vom Typus R — Hg — X, worin R ein Alkyl oder weit häufiger ein Aryl bedeutet, X entweder die OH-Gruppe oder den Rest einer (schwachen) Säure, z. B. den Zyanid-, Rhodanid-, Borat-, Azetat, Oxalat-, Laktat-, Benzoat-, Silikat-Rest. Zu erwähnen sind auch die sog. Organazoverbindungen,

---

[1]) Magee, C. J., A new Dip for Potato scab. Agric. Gaz. New South Wales **45**, 1934, 441—442.

[2]) Bodnár, J., und Róth, L. E., Die Wirkung der Quecksilbersalze auf die Samenkeimung. Bioch. Z. **248**, 1932, 375—382.

[3]) A. P. 1 871 200; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1920.

[4]) Friend, R. B., The control of the cabbage maggot *(Phorbia brassicae couche)* on radishes. J. econ. Ent. **25**, 1932, 709; New York Cornell Stat. Rpt. **45**, 1931, 45; Pennsylvania Stat. Bull. **258**, 1930, 23; ders., Verwendung von Calomel z. Bekämpfung d. Kohlwurzellarven. Rep. Connectic. Agr. Exp. Stat. **55**, 1934, 588; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3425.

[5]) Du Pont de Nemours & Co, Chem. Ztrbl. 1934, II, 831.

bei denen sich zwischen Metall und Kohlenstoff ein oder mehrere Stickstoffatome schieben, z. B. vom Typus

$$R-NH-Hg-X, \quad R-\overset{\displaystyle X \atop |}{N} \equiv NHgCl_2$$ (Du Pont, USA. geschützt).

Da Quecksilber große Neigung zur Bindung an Kohlenstoff besitzt, entstehen solche Verbindungen verhältnismäßig leicht. Einer der einfachsten Vertreter der Gruppe, das Phenylquecksilberazetat $C_6H_5 \cdot Hg \cdot C_2H_3O_2$ bildet sich schon durch Erhitzen von Benzol und Quecksilberazetat auf 110°. Von den zahlreichen als Saatgutbeizen empfohlenen Hg-Verbindungen[1]) seien nur einige genannt, weil die allerwenigsten praktisch verwendet werden.

Cyanmercuri-p-kresol, $HO \cdot C_6H_3(CH_3) \cdot HgCN$ ist als Na-Salz im Germisan und Tutan enthalten.

OH
Hg · CN
$CH_3$

Chlormercuri-phenol, Oxyphenylquecksilberchlorid, „Chlorphenolquecksilber", $HO \cdot C_6H_4 \cdot HgCl$ entsteht in zwei isomeren Formen (o-Verbindung Smp. 152,5°, p-Verbindung Smp. 224—225°) beim „Merkurieren" von Phenol. Es ist die Grundlage des Uspuluns und anderer Beizmittel.

2-Nitro-4-hydroxymercuriphenol, $HO \cdot C_6H_3(NO_2) \cdot HgOH$ gelbliche Nadeln, Smp. 240—250° bzw. seine Salze sind Bestandteile verschiedener Beizmittel.

OH
$NO_2$
HgOH

Cyanmercuri-phenol, farblose in Wasser unlösliche Verbindung, deren Alkalisalze in Wasser löslich sind. Schon Kohlensäure setzt daraus das Phenol in Freiheit.[2])

Hg—CN
OH

[1]) Vgl. an neueren Patenten z. B.:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D.R.P. | 501 186 | Chem. Ztrbl. | 1935 II | 111 | | A. P. | 2 021 277 | Chem. Ztrbl. | 1936 II | 1421 |
| „ | 509 379 | „ „ | 1935 II | 111 | | E. P. | 405 675 | „ „ | 1934 II | 318 |
| A.P. | 1 890 774 | „ „ | 1933 I | 1501 | | „ | 411 507 | „ „ | 1934 II | 2287 |
| „ | 1 919 729 | „ „ | 1934 I | 595 | | „ | 445 739 | „ „ | 1936 II | 2603 |
| „ | 1 919 732 | „ „ | 1934 I | 595 | | „ | 446 703 | „ „ | 1936 II | 2603 |
| „ | 1 919 936 | „ „ | 1933 II | 6311 | | F. P. | 768 605 | „ „ | 1935 II | 3150 |
| „ | 1 934 803 | „ „ | 1934 I | 2341 | | „ | 784 329 | „ „ | 1936 I | 1094 |
| „ | 1 934 804 | „ „ | 1934 I | 1378 | | Schweiz.P. | 155 665 | „ „ | 1933 I | 291 |
| „ | 1 938 839 | „ „ | 1934 I | 1379 | | „ | 156 303 | „ „ | 1933 I | 291 |
| „ | 1 993 776/7 | „ „ | 1935 II | 426 | | „ | 156 304 | „ „ | 1933 I | 291 |

[2]) Klages, D.R.P. 531 517; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1516.

Quecksilberverbindungen sind sehr starke Gifte. Symptome der chronischen Vergiftung sind Speichelfluß, Zahnfleischentzündung, Geschwürbildung, Verdauungsstörungen, Mattigkeit, Erregbarkeit und das charakteristische „Quecksilberzittern". Als Gegengift wird unter anderem Na-formaldehyd-sulfoxylat (Rongalit)[1], peroral oder intravenös, genannt.

### γ) Bleiverbindungen

Bleiarsenat, die zur Schädlingsbekämpfung am meisten verwandte Bleiverbindung, wird bei den Arsenmitteln behandelt.[2] Bleiarsenit $Pb_3As_2O_6$ wurde als Insektizid versuchsweise angewandt, hat aber, da es stark pflanzenschädigend wirkt, kaum Bedeutung erlangt.[3]

Bleichromat, $PbCrO_4$, eine leuchtendgelbe, wasserunlösliche Verbindung, ist als Ersatz für Bleiarsenat in Indien wegen der dort herrschenden hohen, Bleiarsenat stark zersetzenden Temperaturen als Spritzmittel benutzt worden.[4] Es ist als Paste oder als Pulver im Handel, auch wird die Selbstherstellung aus Bleiazetat oder Bleinitrat und Kaliumbichromat empfohlen.[3] Als Insektizid soll es geringer wirksam als Schweinfurtergrün, jedoch mit Bleiarsenat vergleichbar sein.[5] Bach Bringley nimmt die Wirksamkeit von Bleiverbindungen auf Insekten ab in der Reihenfolge Chromat, Sulfat, Karbonat und Oxyd.[6] Gegen die Larven des Kartoffelkäfers soll Bleichromat nicht genügend wirksam sein.[7]

Mennige, $Pb_3O_4$, ein scharlachrotes, wasserunlösliches Pulver, wird im Pflanzenschutz als Saatenschutzmittel gegen Vogelfraß angewendet: 1 Ztr. Saatgut wird mit 4 l Wasser, in welchem 120 g Tischlerleim gelöst sind, durchfeuchtet und dann mit 1 kg Mennige gut gemischt.[8] Das Mittel schützt, wie auch andere Saatschutzmittel, in erster Linie das Korn, weniger den Keimling. Die Mittel wirken weniger durch Farbe, Geschmack, als vielmehr durch die Konsistenz des das Saatgut bedeckenden Überzugs abschreckend. Auch Mäuse sollen durch Mennige, die auf Saatgut aufgebracht oder als Pulver auf Blumenzwiebel verstäubt ist, abgehalten werden.[9] Mennige eignet sich besonders für Erbsen, deren Keimfähigkeit durch Behandlung mit Teerpräparaten leidet.[10]

---

[1] Rosenthal, S. M., Experimentelle Studien über akute Quecksilbervergiftung. Publ. Health Rep. **48**, 1933, 1543—1560, 24. 12. 1933; National Inst. of Health, U. St. Public Health Service.

[2] Vgl. S. 380—405, 407.

[3] Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1923, S. 264 u. 189; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927, S. 245 u. 287.

[4] Lefroy, H. M., A new Insecticide. Agric. Journ. India **5**, 1910, 138.

[5] Martin, H., The scientific principles of plant protection. London 1936, S. 178.

[6] Bringley, F. J., Toxicity of lead salts to insects. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 221—225

[7] Johnson, F. A., Arsenite of zinc and lead chromate as remedies against the colorado potato beetle. U. S. Dept. Agric. Bull. **109**, 1912, 53.

[8] Baunacke, W., Die Mittel zur Vertilgung von Krähen und anderen Rabenvögeln. Merkbl. Nr. 7 der Sächs. Pflanzenschutz-Ges., Beilage zu „Die kranke Pflanze" **6**, 1929; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927.

[9] Beinemann, W., Mäuseabwehr von den Blumenzwiebeleinschlägen. Die Gartenwelt **36**, 1932, 584.

[10] Riehm, E., Prüfung von Pflanzenschutzmitteln in den Jahren 1921/22. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. 1923, Heft 4, 41.

Organo-Bleiverbindungen, d. h. Verbindungen, bei denen das Blei unmittelbar an Kohlenstoff gebunden ist, in erster Linie Triäthylblei, Triäthylbleichlorid, Diphenylbleibromid, Triphenylbleichlorid, Tetraphenylblei, Dimethylbleidichlorid, Diäthylbleisulfat, Dicyclohexylbleichlorit und Diphenylbleioxyd werden von der Bayer-Semesan Comp. als wirksame Bestandteile von Saatgutbeizmitteln genannt.[1])

### d) Thalliumverbindungen

Thalliumsulfat, Thallosulfat, $Tl_2SO_4$, in Wasser ziemlich schwer löslich, ist durch die prächtige grüne Farbe, die alle Thalliumverbindungen der Bunsenflamme erteilen, qualitativ leicht nachzuweisen, im Spektroskop auch bei Gegenwart von Kupfer, Barium und Bor. Es ist seit 1920 als Giftgetreide oder Paste in Deutschland unter dem Namen „Zelio" im Handel, wird vornehmlich gegen Nagetiere[2]) (Ratten, Wühlmäuse, Mäuse) gelegentlich auch gegen Asseln[3]), Grillen und Gewächshausheuschrecken[4]) und Maulwurfsgrillen[5]) angewendet. Das Zelio-Giftgetreide wird — wie auch die übrigen Giftgetreide — mit besonderen Legeflinten in die Mäuselöcher eingebracht oder in besonderen verdeckten, für Nutztiere nicht zugänglichen Futterkisten oder auch in Dränageröhren ausgelegt. Die Paste wird mit Lock- und Ködermitteln (z. B. Sirup) gemischt ausgelegt oder in ausgehöhlte Mohrrüben oder Sellerieknollen eingestrichen in die Gänge der Nager geschoben. In den letzten Jahren hat Thalliumsulfat, zusammen mit wässeriger Zuckerlösung, Honig, Glyzerin usw. in besonderen Gefäßen ausgelegt, in Amerika Anwendung gegen verschiedene Hausameisen[6]) gefunden.

Die Giftwirkung von Thalliumsulfat auf die Schädlinge ist langsam, aber sicher.[7]) Das Mittel ist geschmacklos und geruchlos, es wird daher

---

[1]) Amer. Patent 1 920 009, Chem. Ztrbl. 1933, II, 3333.

[2]) Spieckermann, A., Die Zeliopräparate, ein neues Mittel zur Vertilgung von Mäusen und Ratten. Nachrichten-Bayer 4, 1925, 105; Karsten, u. Fischer, Zur Bekämpfung der Feldmausplage. Hann. Land- u. Forstwirtsch.-Ztg. 1933, 631; Beran, F., Mäusebekämpfungsversuche mit Giftgetreide. Die Landeskultur 1936, Nr. 10; Welte, E., Über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Feldmausbekämpfungsverfahren. Fortschr. der Landwirtschaft **7**, 1932, 218—221; Miestinger, K., Versuche zur Bekämpfung der Feldmäuse. Neuheiten. Wien **29**, 1936, 93—95; Munch, J. C., and Silver, J., The pharmacology of thallium and its use in rodent control. U. S. Dept. Agric. Tech. Bull. **238**, 1931, 28. Vgl. auch Saling, Th., Koller, R., Schander, R., u. Götze, G. (Thallium gegen Ratten), S. 385, Fußnote 6.

[3]) Herold, W., Die Bekämpfung von Asseln in einer feuchten Wohnung. Mitt. Ges. f. Vorratsschutz **11**, 1935, 50; Faulwetter, Schwere Fraßschäden an jungen Kakteen durch Asseln. Nachr. üb. Schädlingsbekämpfung **6**, 1931, 139; Jaenicke, Alb., Die Bekämpfung der Kellerasseln im Gewächshaus. Obst- und Gemüsebau **74**, 1928, 61, **73**, 1927, 159.

[4]) Hahmann, C., Japanische Heuschrecken und Tausendfüßler im Gewächshaus usw. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **39**, 1929, 97.

[5]) N., Die Maulwurfsgrille. Landw. Mitt. f. Steiermark 1935, Nr. 12, 4.

[6]) Flint, W. P., and Mc Canley, W. E., Ants — how to combat them? Agric. Exper. Stat. Urbana Circ. 1936, Nr. 456; Thompson, H. W., and Johnson, L. A., On the control of household ants. Dept. Agric. Univ. Leeds. Bull. Ent. Res. **37**, 1936, 393—397. (Ref. auch Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **17**, 1937, 42.)

[7]) Beran, F., s. Fußnote 2 u. Saling, Th., Koller, R., Schander, R., u. Götze, G., s. S. 385.

von den Schädlingen auch mit Beifutter besser genommen als z. B. Strychningetreide oder Arsenköder. Die lethale Dosis für Ratten soll 0,007 g je 100 g Lebendgewicht, für eine 300 g schwere Ratte also 0,02 g Thallium betragen.[1]) Die Giftwirkung erfolgt auf das Zentralnervensystem, auf die endokrinen Drüsen, insbesondere auch als Störung des Sexualtriebes.

Die Giftwirkung auf den Menschen ist die eines Schwermetalles. Die Aufnahme erfolgt meist durch Magen und Darm, Speicherung in Leber, Niere und Milz, die Ausscheidung durch Darm und Schweiß. Als Krankheitssypmtome zeigten sich Ernährungsstörungen, Erbrechen, Kolik bei starker Verstopfung, Speichelfluß, Schlaflosigkeit, Abmagerung, Polyneuritis, Lähmungen der Beine, Haarausfall (total bereits nach Aufnahme von 0,27 g Thalliumazetat in 3 Tagen), Erblindung durch Linsentrübung und Sehnervatrophie.[2]) Die Geruch- und Geschmacklosigkeit und die oft erst nach Tagen eintretende Wirkung hat bereits zu vielen Mordversuchen mit dem als Rattenmittel leicht beschaffbaren Mittel verleitet.[3]) Als Gegenmittel werden Kaliumchlorid, Kaliumjodid, Kalziumsalze und Pilocarpin genannt.[4])

Auch die Giftwirkung von Thalliumsulfat auf Nutztiere hat starke Beachtung gefunden, da das Gift auch im Tierkörper so beständig ist, daß die an ihm eingegangenen und auf den Feldern tot herumliegenden Mäuse eine neue Gefahrenquelle für Raubwild und Federwild (Fuchs, Raubvögel, Hühnerwild) sind.[5]) Die Verwendung des Mittels ist daher zum Schutze der Niederjagd in Deutschland gesetzlich eingeschränkt.[6])

### 2. K-, Na-, $NH_4$-, Ca-, Ba-, Mg-, Al-, Zn-, Mn-, Fe-, Cr-, Ce-Verbindungen

Kainit, von der theoretischen Formel $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3\,H_2O$, kommt als sog. „Abraumsalz" in den obersten Horizonten der Staßfurter Kalilager vor. Monokline, schwach gefärbte Kristalle, in kaltem Wasser zunächst unzersetzt löslich, später sich teilweise zu anderen Mineralien wie Schönit, Leonit, Langbeinit umsetzend.

Kainit ist nur der Hauptbestandteil des Minerals dieses Namens, enthält aber fast immer neben Unlöslichem noch wechselnde Mengen Sylvin, Karnallit,

---

[1]) Herfs, A., Über die Rattenplage und die neueren Bekämpfungsmethoden. Nachrichten-Bayer **3**, 1924, Nr. 2.

[2]) Lewin, L., Gifte und Vergiftungen. Berlin 1929; Sy, M. H., Die Gefährdung von Mensch und Nutztier durch Pflanzenschutzmittel. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **48**, 1938, 1—17; Schneider, Ph., Beiträge zur Kenntnis der Organveränderungen bei tödlicher Thalliumvergiftung. Beiträge gerichtl. Medizin **13**, 1935, 122—133.

[3]) F. L., Thalliumvergiftung. Die Umschau **37**, 1933, 827; Ludwig, W., u. Ganner, H., Thalliumvergiftung. Dtsch. Arch. Klin. Med. **176**, Heft 2; Pflegel, H., Ein Fall von Thalliumvergiftung. Dtsch. med. Wochenschrift **62**, 1936, 1507—1508; Saling, Th., Koller, R., Schander, R., u. Götze, G., s. S. 432, Fußnote 3 u. 4.

[4]) Munch, J. C., (Journ. ann. Pharm. Ass. **23**, 1934, 91) nach Chem. Ztrbl. 1934, II, 2247.

[5]) Stadie, R., Über die direkte und indirekte Wirkung der Mäusevertilgungsmittel auf Vögel. Ber. Ver. Schles. Ornithologie. Breslau **18**, 1933, 14—19; Räber, H., Folgen der Mäusevergiftung. Schweizer Naturschutz **2**, 1936, Nr. 3 und 67—69.

[6]) Verordnung vom 5. Februar 1937 zur Änderung der Verordnungen zur Ausführung des Reichsjagdgesetzes (RGBl. I, 179).

Kieserit u. a. Die Zusammensetzung wechselt also; der Kaligehalt bewegt sich zwischen 12 und 15% $K_2O$; der Gehalt an $MgCl_2$ soll unter 9% liegen. Salze mit mehr $MgCl_2$ werden zum Karnallit gerechnet.

Im Pflanzenschutz werden Kalisalze zur Bekämpfung von Drahtwürmern, Engerlingen, Erdraupen und Schnecken verwendet[1]) (S. 164). Nach Zuckschwerdt[2]) werden durch 15%ige Lösungen des 40%igen Kalisalzes Moose und Flechten an Obstbäumen vernichtet. Blutlausstellen werden nach diesem Autor zweckmäßig im Sommer mit den Salzlösungen abgebürstet. Junge[3]) stellte eine nennenswerte Wirkung durch Spritzung mit 12%igen Lösungen des 40%igen Kalisalzes gegen Mehltau an Apfel und Stachelbeere fest. Vollkommen frei von Krankheiten blieben die Pflanzen jedoch nicht. Gegen Blutlaus war der Erfolg befriedigend. Völlig negative Ergebnisse erhielt R. Hartnauer[4]). Nach Gaßner und Straib[5]) kann durch Bespritzen der Pflanzen mit Kainitlösungen oder Bestäuben mit Kainit, dem Kaolin zugesetzt ist, der Rostbefall an Getreide wesentlich herabgedrückt werden, wenn die Infektion nach der Behandlung erfolgt.

In der Literatur liegt eine große Anzahl von Mitteilungen über den Einfluß der Kalidüngung gegen verschiedene Krankheitserreger vor. So berichtet Ludwigs[6]), daß der Blutlausbefall an Apfelbäumen, die mit Kali gedüngt waren, gering im Gegensatz zu den unbehandelten Bäumen war. Nach Quanjer[7]) wurden Blumenkohlpflanzen, die mit Kali gedüngt waren, weniger von *Peronospora parasitica* befallen als solche, die kein Kali erhalten hatten. Auch der Blattlausbefall war bei den mit Kali gedüngten Pflanzen geringer als bei ungedüngten. Jancke dagegen konnte bei seinen Versuchen keinen Einfluß der Kalidüngung auf den Befall mit Blutlaus sowie mit Apfelmehltau *(Podosphaera leucotricha)* feststellen[8]).

Die größte Bedeutung haben Kalisalze, insbesondere Kainit, als Unkrautbekämpfungsmittel, und zwar in der fein vermahlenen Form, dem sog. Hederichkainit. Es wird zu diesem Zweck in Mengen von 8—12 dz je Hektar ausgestreut. Die Anwendung muß erfolgen, wenn die Pflanzen taufeucht sind. Da das unter Umständen Schwierigkeiten bietet, sind neuerdings Geräte geschaffen worden,

---

[1]) S. auch: Faesler, Die Kalisalze als Pflanzenschutz. 2. Aufl. Verlagsges. f. Ackerbau. Berlin, 71 S. Flugblatt **76**, **54** und **165—169** der Biol. Reichsanstalt.

[2]) Zuckschwerdt, Meine Erfahrungen mit Kalisalzlösungen als Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen. Geisenh. Mitt. **39**, 1924, 15—16.

[3]) Junge, E., Winterspritzungen mit Kalisalzlösungen. Geisenh. Mitt. **42**, 1927, 94—95.

[4]) Hartnauer, R., Ist das Spritzen mit Kalisalzlösungen ein wirksames Bekämpfungsmittel gegen Blatt- und Blutlaus bei Obstbäumen? Deutsche Obst- u. Gemüsebau-Ztg. **70**, 1924, 191.

[5]) Gaßner, G., und Straib, W., Beitrag zur Frage der Getreiderostbekämpfung auf chemischem Wege. Phytop. Ztschr. **2**, 1930, 361—376.

[6]) Ludwigs, K., Blutlausbekämpfung durch Kalidüngung. Prakt. Ratg. f. Obst- u. Gartenbau **44**, 1929, 75.

[7]) Quanjer, H. M., De invloed van kaligebrek op de vatbaarheid van bloemkool voor *Peronospora parasitica*. Tijdschrift over Plantenziekten **34**, 1928, 254—256.

[8]) Jancke, O., Über den Einfluß der Kalidüngung der Obstbäume gegen Blutlaus, Blattaus und Mehltau. Arbeiten a. d. Biol. Reichsanstalt **20**. 1933, 292—302.

die ein gleichzeitiges Befeuchten der Pflanzen ermöglichen (unter anderen: Unkrautvernichtungsmaschine „Wawara“ der Fa. Kuxmann & Co., Bielefeld).

Kochsalz, NaCl, wird in Norwegen wegen seiner Billigkeit 4%ig im Winter und 2%ig im Sommer zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaus *(Sphaerotheca mors uvae)* viel verwendet. Die Lösung darf nicht mit den Wurzeln in Berührung kommen. Häufig tritt Blattfall ein, so daß bei der Anwendung von Kochsalz mit Vorsicht zu verfahren ist. Von Henning und Lindfors[1]) wird ein Präparat aus 90 Teilen Kochsalz und 10 Teilen Glaubersalz ($Na_2SO_4 + 10H_2O$) zur Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaus empfohlen. Weiter findet Kochsalz Verwendung bei der Herstellung der Theobaldschen Mischung, vielfach wird es aber durch Kalisalze ersetzt. Große Mengen des rohen Salzes, des sog. Viehsalzes, sind in Amerika zur Vertilgung der Berberitze *(Berberis vulgaris)* verwendet worden. Für die Vernichtung werden je nach Größe 1—5 kg Viehsalz um die Sträucher gestreut.[2]) Nach Geller[3]) ist Kochsalz, 2—3 dz je Hektar im Frühjahr als Kopfdüngung gegeben, gegen Getreiderost wirksam.

Natronlauge wird 2%ig als Winterspritzmittel in den Vereinigten Staaten zur Bekämpfung des Mehltaus bei solchen Stachelbeersträuchern angewendet, die gegen Spritzung mit schwefelhaltigen Mitteln empfindlich sind. 0,5% Natronlauge unter Zusatz von Schmierseife ist gelegentlich zur Abtötung von Psyllaeiern verspritzt worden.

Ammoniumsulfat, $(NH_4)_2SO_4$, ist als Mittel gegen Drahtwürmer (S. 160), dann aber auch als Unkrautbekämpfungsmittel verwendet worden, und zwar zuerst von Heinrich.[4]) Nach diesem genügen 200—400 l je Hektar einer 15 bis 30%igen Lösung. Nach Schulz[5]) ist dem schwefelsauren Ammoniak gegenüber dem Eisenvitriol als Unkrautvertilgungsmittel kaum der Vorzug zu geben. Andererseits ist der Kreis der durch dieses Mittel zu vertilgenden Unkräuter größer als bei Eisenvitriol. Leutz[6]) kommt zu dem Urteil, daß schwefelsaures Ammoniak gegen Ackersenf wirkungslos ist, dagegen bezeichnet es Voß[7]) als das beste Spritzmittel gegen Hederich und Ackersenf.

---

[1]) Henning, E., en Lindfors, Th., Krusbärsmjöldaggens bekämpande (Sphaerotheca). Medd. Nr. 208, Centralanst. f. försöksv. pa jordbruksomr. Avd. f. landbruksbot. Nr. **20**. Linköping 1920, 51 S.

[2]) Thompson, N. F., Chemical eradication of the common barberry. U. S. Dep. of Agric. Dept. Circ. **332**, 1924, 4 S.; Thompson, N. F., and Robbins, W. E., Methods of eradicating the common barberry *(Berberis vulgaris L.)*. U. S. Dep. of Agric. Dept. Bull. **1451**, 1926, 44 S.; Lehmann, E., und Kummer, H., Schwarzrostbekämpfung durch Berberitzenausrottung. Stuttgart 1935, 56 S.

[3]) Geller, E., Ein Mittel gegen den Getreiderost (Viehsalz). Illustr. Landw. Zeitg. **46**, 1926, 459.

[4]) Heinrich, Neue Mittel zur Vertilgung von Hederich und Ackersenf. Die Verwendung von Salpeterlösungen zur Hederichvertilgung. Dtsch. Landw. Presse **27**, 1900, 666, 774.

[5]) Schulz, A., Untersuchungen über die Wirkung von Eisenvitriol und schwefelsaurem Ammoniak sowie von Mischungen beider Salze als Unkrautvernichtungsmittel. Inaug. Diss. Königsberg 1904.

[6]) Leutz, J. von, Versuche über die Bekämpfung des Ackersenfs mit mechanischen und chemischen Mitteln. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **12**, 1914, 43—46.

[7]) Voß, G., Vergleichende Versuche zur Bekämpfung von Hederich und Ackersenf mit chemischen Mitteln. Fühlings landw. Ztg. **69**, 1920, 226—234.

Ammoniakwasser 4% und Ammoniumkarbonat 12%, 1—1½ l je Quadratmeter sind zur Feststellung der Stärke des Tipulabefalles verwendet worden.[1]) Osterwalder[2]) hatte gewissen Erfolg mit 1%iger Ammoniaklösung bei der Bekämpfung von Kohlhernie.

Kalkstickstoff, grauschwarzes Pulver, das 60—65% Kalziumzyanamid $Ca = N \cdot C \equiv N$, 13% Kohle, 18—28% CaO, 0—5% $CaCl_2$, geringe Mengen $SiO_2$, SiFe und anderer Verbindungen enthält. Kalziumzyanamid wird durch Zutritt feuchter Luft hydrolysiert in $Ca(OH)_2$ und Zyanamid, die sich weiter verändern und $CaCO_3$, Dizyandiamid, Harnstoff und andere Produkte liefern:

$$2\,CaCN_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + (CN \cdot NH)_2Ca$$

$$(CN \cdot NH)_2Ca + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + (CN \cdot NH_2)_2.$$

Unbegrenzt haltbar ist Kalkstickstoff nur in gut verschlossenen Gefäßen.

Kalkstickstoff ist in verschiedenen Formen im Handel: als Perlkalkstickstoff und ungeöltes und geöltes Pulver.

Neben der Anwendung gegen Ackerschnecke, Erdflöhe, Drahtwürmer und Kohlhernie ist vor allem die Anwendung als Unkrautbekämpfungsmittel von Bedeutung. Für diesen Zweck wird der ungeölten Form des Mittels der Vorzug gegeben, weil sie sich leichter verteilen läßt. Die leichte Verteilung ist durch die Feinheit bedingt. Andererseits führt diese Feinheit aber auch zur Belästigung der Arbeiter. Außerdem ist es verhältnismäßig schwer, die kleine Menge — 1—2 dz je Hektar — gleichmäßig zu verteilen. Man mischt daher den Kalkstickstoff mit anderen indifferenten Stoffen wie Sägespäne, Asche, Sand u. dgl. Meistens wird jedoch eine Mischung von 60 kg Kalkstickstoff und 350 kg Hederichkainit je Hektar vorgezogen.[3])

Kalkstickstoff hat gegenüber anderen Unkrautbekämpfungsmitteln den Vorzug, daß auch solche Unkräuter vernichtet werden, die gegen chemische Mittel verhältnismäßig widerstandsfähig sind. So berichtet Kotthoff[4]), daß durch Ausstreuung von Kalkstickstoff im Herbst Windhalm, Miere, Hirtentäschel, Kornblume, Spörgel und Stiefmütterchen im Wintergetreide bekämpft werden können. Nach Thiele[5]) können durch Kalkstickstoff Wicken im Winterroggen vernichtet werden. Auch zur Kornblumenbekämpfung im Wintergetreide ist nach Rudolph[6]) Kalkstickstoff geeignet. In allen Fällen werden die Kulturpflanzen zunächst auch etwas geschädigt, erholen sich aber bald wieder.

---

[1]) Gasow, H., Lebensweise und Bekämpfung der Wiesenschnaken. Flugbl. **75** d. Biol. Reichsanst. 2. Aufl. 1932.

[2]) Osterwalder, A., Kohlherniebekämpfungsversuche. Landw. Jahrb. d. Schweiz. **43**, 1929, 785—810.

[3]) Braun, H., Das Unkraut und seine Bekämpfung. Flugbl. **23** der Biol. Reichsanst. 7. Aufl. 1935.

[4]) Kotthoff, P., Die Bekämpfung der Unkräuter im Wintergetreide. Landw. Ztg. f. Westf. u. Lippe **85**, 1928, 1076.

[5]) Thiele, K., Beitrag zur Bekämpfung der Wicken im Winterroggen. Hann. Land- u. Forstw. Ztg. **81**, 1928, 162—163.

[6]) Rudolph, Wert und Notwendigkeit der Kornblumenbekämpfung. Fortschr. d. Landw. **6**, 1931, 423—424.

Die Wirkung des Kalkstickstoffs auf die Pflanzen scheint plasmolytischer Art zu sein. Der Zellinhalt wird körnig, die Blattspreite allmählich gelbgrau und früher welk als Stielchen und Stengel.[1])

Eine besondere Bedeutung als Pflanzenschutzmittel kommt dem Kalkstickstoff noch zu, nachdem Hermannes[2]) festgestellt hat, daß mit ihm der Gelbrost *(Puccinia glumarum)* bekämpft werden kann. Gaßner und Straib[3]) haben die Beobachtungen von Hermannes bestätigt, sind aber der Ansicht, daß es nicht ratsam ist, den Kalkstickstoff rein auszustreuen, sondern halten es für besser, ihn mit indifferenten Mitteln zu strecken. Nach Kaufmann[4]) wurden durch die Anwendung von Kalkstickstoff gute Erfolge bei der durch Milben *(Pediculopsis graminum)* hervorgerufenen Weißährigkeit erzielt.

Kalkstickstoff ist auch für Menschen kein vollkommen harmloser Stoff. Gefährdet sind Arbeiter, die während oder nach der Arbeit mit Kalkstickstoff alkoholische Getränke zu sich nehmen.[5])

Kalk benutzt man als Branntkalk, CaO, auch gebrannter Kalk, Stückkalk genannt, oder Kalkhydratpulver, $Ca(OH)_2$, Spritz-, Lösch-, Sackkalk (in Papiersackpackungen im Handel) genannt. Beide, der erste schneller als der letzte, gehen unter Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft oder aus dem Boden in kohlensauren Kalk, $CaCO_3$, (Kalkmergel) über, der als chemisch träge Verbindung als Pflanzenschutzmittel wenig Bedeutung hat. Mischkalke sind Mischungen von Branntkalk und Kalkhydrat. 100 Teile CaO entsprechen 132 Teilen $Ca(OH)_2$.

Für den Pflanzenschutz eignet sich in erster Linie möglichst reiner Kalk (Weißkalk, Fettkalk, Marmorkalk) mit nicht zuviel Karbonatgehalt.

Zwischen dem Reichsnährstand, der Fachgruppe Kalkindustrie (Wirtschaftsgruppe Steine und Erden) und der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft sind folgende Normen[6]) vereinbart worden:

Unter Spritzkalk wird Löschkalk (Kalkhydrat) verstanden.[7]) Die Spritzkalke für Pflanzenschutz[8]) werden wie folgt benannt:

1. Spritzkalk für Pflanzenschutz,
2. Magnesiaspritzkalk für Pflanzenschutz.

Spritzkalke, die über 10% Magnesiumhydroxyd enthalten, sind als „Magnesia-Spritzkalke für Pflanzenschutz" zu bezeichnen.

Der Gehalt an Kalziumhydroxyd + Magnesiumhydroxyd soll 90% betragen, er kann höher sein, darf jedoch 85% bei einem Lieferungsspielraum von 1%

---

[1]) Korsmo, E., Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. Verl. Springer, Berlin 1930, S. 486.

[2]) Hermannes, Rostbekämpfung mit chemischen Mitteln. Mitt. d. DLG. **42**, 1927, 779—780.

[3]) Gaßner, G., und Straib, W., Beitrag zur Frage der Getreiderostbekämpfung auf chemischem Wege. Phytop. Ztschr. **2**, 1930, 361—376.

[4]) Kaufmann, O., Die Weißährigkeit der Wiesengräser und ihre Bekämpfung. Arb. d. Biol. Reichsanst. **13**, 1925, 497—567.

[5]) Flury, F., und Zernik, F., Schädliche Gase. Berlin, 1931, S. 414.

[6]) Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, Nr. 11.

[7]) Branntkalke werden sowohl in Stückenform als auch in gemahlenem Zustande teilweise noch zu Spritzzwecken verwandt, erfordern jedoch besondere Aufwendungen seitens des Verbrauchers. Die vorstehenden Normen betreffen nur Löschkalke (Kalkhydrate).

[8]) Zillig, H., Spritzkalk. Landw. Beilage d. Berncasteler Zeitung vom 21. 6. 1934.

Kalziumhydroxyd + Magnesiumhydroxyd nicht unterschreiten. Die nicht völlig gelöschten Teile werden unter Hinzurechnung des theoretisch erforderlichen Löschwassers dem ermittelten Kalziumhydroxyd und Magnesiumhydroxyd zugerechnet.

Spritzkalke dürfen nicht mehr als 6% Kalziumkarbonat ($CaCO_3$) enthalten.

Die Gehaltsgarantien sind bei den Angeboten und Kaufabschlüssen sowie auf den Rechnungen zu verzeichnen, sie sind ferner auf den zum Versand benutzten Säcken anzugeben. Die Gehaltsangaben beziehen sich bei „Spritzkalk für Pflanzenschutz" auf $Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$.

Bei der Gehaltsfestsetzung für „Magnesia-Spritzkalke für Pflanzenschutz" sind Kalk und Magnesia getrennt anzugeben[1])

Spritzkalk für Pflanzenschutz muß so fein gemahlen werden, daß die Siebrückstände folgende Grenzen nicht überschreiten:

Auf Siebgewebe Nr. 40 (mit 0,15 mm lichter Maschenweite und mit 1600 Maschen/qcm) höchstens 7% Rückstand,

auf Siebgewebe Nr. 12 (mit 0,5 mm lichter Maschenweite und mit 144 Maschen/qcm) höchstens 1% Rückstand.

Der auf dem Sieb Nr. 12 verbleibende Rückstand muß restlos durch das Siebgewebe Nr. 6 (mit 1 mm lichter Maschenweite und mit 36 Maschen/qcm) gehen. Zugrunde gelegt sind die Vorschriften für Siebgewebe Din 1171.

Rückvergütung. Mindergehalte bis zu 1% Kalziumhydroxyd und Magnesiumhydroxyd bleiben unberücksichtigt. Bei höherem Untergehalt ist der gesamte Mindergehalt zu vergüten.

Kalke mit erheblichen Mengen Tonerdesilikat sind wegen Gehaltes an totgebranntem Kalk minderwertig. Dagegen ist der Dolomitkalk mit Magnesiumoxydgehalt, oft mit 25% und mehr MgO, besonders zur Bereitung der Kupferkalkbrühe wegen seiner die Haftfähigkeit der Brühen erhöhenden Eigenschaften beliebt. MgO ist wenig wasserlöslich und in seinem chemischen Verhalten viel träger als CaO. Es ist möglich, daß MgO in Kupferdolomitkalkbrühen mit Arsenmittelzusätzen einen längeren Schutz gegen Arsenschäden gewährt. Vom Dolomitkalk sind größere Mengen für die einzelnen Maßnahmen nötig. So nimmt Zillig[2]) zur Herstellung von 50 l Kalkmilch für Kupferkalkbrühen 350 g Fett- oder Weißkalk oder 600 g Dolomitbranntkalk oder die doppelten Mengen Speck- oder Grubenkalk (50%) oder 400 g Weißkalkhydrat oder 750 g Dolomitkalkhydrat. Dolomitkalk erfordert mehr Zeit zum Löschen und muß dabei flach ausgebreitet werden. Zu hoher Kalkzusatz vermindert die Wirksamkeit der Brühen, beeinträchtigt das Wachstum und kann sogar Verbrennungsschäden an grünen Pflanzenteilen bewirken.[3]) Nach Leibbrandt[4]) ist diese

[1]) Die Titration ergibt nur bei einheitlichen Substanzen genaue Werte. Bei Gemischen von $Ca(OH)_2$ und $Mg(OH)_2$ tritt eine Verschiebung in der Berechnung ein, die bis zu 10% $Mg(OH)_2$ praktisch vernachlässigt werden kann.

[2]) Zillig, H., und Herschler, A., Die Herstellung häufig gebrauchter Spritzbrühen für den Pflanzenschutz. Flugbl. **52** d. Biol. Reichsanst. 4. Aufl. 1936.

[3]) Geßner, A., Beziehungen zwischen dem Kalkgehalt der Spritzbrühe und Verbrennungserscheinungen an Reben. Weinbau u. Kellerwirtschaft **7**, 1928, 51—53.

[4]) Leibbrandt, F., Die Kutikula der Pflanzen und die Schädlingsbekämpfung. Weinbau u. Kellerwirtschaft **8**, 1929, 191—194.

Erscheinung darauf zurückzuführen, daß durch den Überschuß von Kalk die Kutikula von Pflanzen geschädigt wird und den Giften wie Arsen und Kupfer der Zutritt zum Blattinnern ermöglicht wird. Bei Verwendung von zu wenig Kalk treten gleichfalls Schädigungen an den Pflanzen ein. Der Übergang des Kalks in Kalziumkarbonat ist abhängig von der Temperatur und vor allem von der Feuchtigkeit der Luft. Bei hoher Feuchtigkeit (95% r. F.) ist die Umwandlung schon nach etwa 10 Stunden fast vollständig, bei 60% r. F. dauert der Übergang tagelang.[1])

Kalk kommt in Form des gelöschten (Löschkalk, $Ca(OH)_2$) und des ungelöschten (Branntkalk, CaO) Kalkes in erster Linie die Bedeutung eines Hilfsstoffes im Pflanzenschutz vor allem bei der Bereitung der Kupfer- und Schwefelkalkbrühe zu. Eine große Rolle spielt Kalk bei der Bekämpfung der durch Bodensäuren direkt und indirekt bedingten Krankheiten. Damit in Zusammenhang steht die Anwendung des Kalkes gegen Kohlhernie *(Plasmodiophora brassicae)*.[2]) Weiter findet Kalk noch Anwendung gegen verschiedene im Boden lebende Schädlinge, wie Drahtwürmer, Erdraupen (S. 166).[3]) Viel verwendet wird Branntkalk auch zur Bekämpfung von Ackerschnecken. Das Ausstreuen erfolgt am besten spät abends oder am frühen Morgen. Zweckmäßig ist es, die Behandlung nach einer halben Stunde zu wiederholen, weil sich die Schnecken bei der zweiten Behandlung gegen die Einwirkung des Kalkes durch starke Schleimabsonderung schützen. Als Insektizid und Fungizid kommt dem Kalk sonst nur eine geringe Bedeutung zu. Der vielfach im Winter durchgeführten Spritzung mit Kalkmilch kommt nur eine sehr geringe Wirkung gegen Eier, Larven und Insekten, sowie Moose und Flechten zu. Man hat die Wirkung durch Zugabe von 5—6 kg Kochsalz oder Kalisalz und $\frac{1}{2}$ kg Wasserglas auf 100 l Wasser, das 10—15 kg Kalk auf 100 l Wasser enthält, zu verstärken versucht. Die Brühe, die als Theobaldsches Gemisch bezeichnet wird, wird in ihrer Wirkung von Obstbaumkarbolineum und Schwefelkalkbrühe übertroffen. Durch Zusatz von 1 l Krelution IV kann die Wirkung des Theobaldschen Gemisches zwar gesteigert werden, doch ist das Verspritzen dieser stark körnigen Brühe sehr umständlich und führt auch zu starker Abnutzung und häufigen Störungen an den Spritzen. Eine günstige Wirkung hat die Kalkspritzung insofern, als der weiße Belag die Stämme im Frühjahr vor zu starker Erwärmung schützt, dadurch ein zu frühes Austreiben der Knospen und damit Schädigungen durch Frühjahrsfröste verhindert. Staubförmiger Kalk findet Anwendung zur Bekämpfung von Blattwespenlarven (Afterraupen), Erdflöhen, Raupen an Kohl und Gemüse, sowie gegen Spargelkäfer und Spargelhähnchen.[4]) Auch den Apfelschorf (Fusicladium) hat man

---

[1]) Streeter, L. R., Mader, E. O., and Kokoski, F. J., The adherence of copper dusts to foliage. Phytop. **22**, 1932, 645—650.

[2]) Werth, E., Die Kohlhernie und ihre Bekämpfung. Flugbl. **56** der Biol. Reichsanst. 7. Aufl. 1933. Grundlegende Arbeiten von H. Bremer im Nachr. Bl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst **4**, 1924, 17, 73, Landw. Jahrbücher **59**, 19, 673—685, Deutsche Obst- u. Gemüsebau-Ztg. 1924, 184—186.

[3]) Blunck, H., und Subklew, W., Lebensweise und Bekämpfung der Drahtwürmer. Flugbl. **76** d. Biol. Reichsanst. 3. Aufl. 1934.

[4]) Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. Flugbl. 165—169 d. Biol. Reichsanst. 19. Aufl. 1938.

durch Bestäuben mit Löschkalk zu bekämpfen versucht.[1]) Ob ein durchgreifender Erfolg vor allem bei starkem Befall erzielt werden kann, steht noch nicht fest. Zur Erhöhung der Haltbarkeit von Kartoffeln werden beim Einlagern 500 g Staubkalk zwischen 100 kg Kartoffeln gestreut.[2])

Eisensalze. Als Pflanzenschutzmittel spielt von den Eisensalzen das Eisensulfat, Ferrosulfat oder Eisenvitriol ($FeSO_4 + 7\,H_2O$) die größte Rolle, und zwar in erster Linie als Unkrautbekämpfungsmittel. Es besteht aus hellgrünen, an der Luft unter Verwitterung und Oxydation sich verfärbenden Kristallen. Das Mittel soll zuerst von Marguerite Delacharlonny[3]) zur Vertilgung von Moosen auf Wiesen, und zwar 300—600 kg auf 1 ha verwendet worden sein. Zur Vertilgung von Unkräutern in Haferfeldern wurde eine 10%ige Eisensulfatlösung zuerst von dem französischen Landwirt Martin[4]) 1897 verwendet. Die Wirkung des Eisensulfates wird meistens auf Plasmolyse der Zellen zurückgeführt. Stender[5]) hat aber nachweisen können, daß mehrstündige Plasmolyse auf die Pflanze nicht schädlich wirkt, wenn die Salze wieder ausgelaugt werden. Aslander[6]) konnte ebenfalls feststellen, daß 5%ige Eisensulfatlösung keine Plasmolyse bewirkte, daß aber Sinapispflanzen durch eine solche Lösung abgetötet wurden. Stender[7]) und Schulz[8]) schrieben der Luftfeuchtigkeit eine große Bedeutung bei der Wirkung des Eisensulfates zu, während Gelpke[9]) darauf hinweist, daß das auskristallisierte Salz fester als die Lösung haftet und daß die Kristalle durch den Tau in der folgenden Nacht wieder in Lösung gebracht werden und somit zur Wirkung kommen. Dieselbe Beobachtung wurde auch von Aslander[10]) gemacht. Bei feuchter Luft wurde ein Absterben der Pflanzen nach 4—5 Stunden festgestellt, bei trockener dagegen erst nach 3—4 Tagen je nach der Taubildung in den Nächten. Die verschiedenen Angaben über die Stärke der anzuwendenden Konzentration lassen sich durch die Beobachtung Aslanders, daß die Pflanzen je nachdem, ob sie bei feucht-warmer oder bei trockener kühler Witterung aufgewachsen sind, erklären. Meistens

[1]) Holder-Egger, Bestäubungsversuche mit Kalkhydrat zur Bekämpfung des Fusicladiums auf Kernobstbäumen. Obst- und Gemüsebau **77**, 1931, 48—49; Pauck, P., Kalkstaub — ein billiges und wirksames Pflanzenschutzmittel für den Obstbau. Obst- u. Gemüsebau **80**, 1934, 38—40.

[2]) S. a. Korff, G., Kalk als Pflanzenschutzmittel. Kalkverlag, Heft 5, 1929, 32 S.

[3]) Marguerite Delacharlonny, Journ. d'Agric. prat. 1888, 637, zit. nach Hollrung, Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl. Berlin 1923, S. 181.

[4]) Martin, Journ. d'Agric. prat. 1897, zit. nach Hollrung. Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl., Berlin 1923, S. 180.

[5]) Stender, A., Untersuchungen über die Unkrautvertilgung durch Düngesalz. Inaug. Diss. Rostock 1902.

[6]) Aslander, A., Sulphuric acid as a weed spray. Journ. of Agric. Res. **34**, 1927, 1065 bis 1091.

[7]) Stender, A., Inaug. Diss. Rostock 1902.

[8]) Schulz, A., Untersuchungen über die Wirkung von Eisenvitriol und schwefelsaurem Ammoniak sowie von Mischungen beider Salze als Unkrautvernichtungsmittel. Inaug. Diss. Königsberg 1904.

[9]) Gelpke, W., Beiträge zur Unkrautbekämpfung durch chemische Mittel, insbesondere durch Schwefelsäure. Hannover 1914, 72 S.

[10]) Aslander, A., Sulphuric acid as a weed spray. Journ. of Agric. Res. **34**, 1927, 1065 bis 1091.

wird in der Praxis eine 20—25%ige Eisensulfatlösung, und zwar 600—800 l je ha angewendet. Am besten ist die Wirkung auf Hederich- und Ackersenfpflanzen, wenn diese etwa das vierte Blatt gebildet haben.

Die Tatsache, daß die Pflanzen durch die Behandlung mit Mitteln verschieden stark geschädigt werden, wird auf verschiedene Faktoren zurückgeführt. Stender[1]) hat festgestellt, daß die Schädigung im umgekehrten Verhältnis steht zur Menge des Wassers, mit dem die Blätter überzogen sind. Weiter spielt die Behaarung eine Rolle. Dichte Behaarung hindert die Flüssigkeitströpfchen, die Epidermis zu erreichen. Weiter ist die Stellung und Gestalt der Blätter von Einfluß. Je größer die Blattfläche ist und je waagerechter sie steht, um so leichter können die Mittel angreifen. Die Tatsache, daß dikotyle Pflanzen meist stärker angegriffen werden als monokotyle, wird dadurch erklärt, daß bei Monokotylen der Vegetationspunkt geschützt ist, während das bei Dikotylen nicht der Fall ist.

Eisenvitriol wird auch in trockener Form als Streumittel zur Bekämpfung von Unkräutern verwendet. Zur besseren Verteilung wird das gemahlene Eisensulfat mit einem indifferenten Stoff gemischt. Höfers Hederichpulver besteht nach Kotthoff[2]) aus 60—70% $FeSO_4 + 7 H_2O$ und 25—40% Gips. Andere Zusätze sind Ammoniumsulfat oder Nitrate der Alkaligruppe.[3]) Eine Mischung aus 90% Kalk und 10% Eisensulfat ist für die Bekämpfung von Schnecken empfohlen worden.

Besonders hinzuweisen ist noch auf die Bekämpfung der Kleeseide *(Cuscuta trifolii)* durch Bespritzung mit 15—20%iger Eisensulfatlösung. Bei der Behandlung werden zwar die oberirdischen Teile des Klees zum Absterben gebracht, diese treiben aber bald wieder durch.[4])

Eine besondere Bedeutung haben Eisensalze noch als Mittel zur Bekämpfung der Gelbsucht oder Chlorose der Pflanzen. In den Jahren 1843/44 hat der französische Chemiker Gris[5]) darauf hingewiesen, daß chlorotische Pflanzen ergrünen, sobald man sie durch die Wurzeln verdünnte Lösungen eines Eisensalzes aufsaugen läßt. In Deutschland hat 1859 zuerst Sachs[6]) auf die Bedeutung des Eisens für das Ergrünen der Pflanzen aufmerksam gemacht. Sachs[7]) gibt zwei Formen der Anwendung an: 1. Um die Pflanzen (Gehölze) herum werden in Gruben 1—5 kg Eisensulfat ausgestreut und dieses durch Zufuhr von großen Mengen von Wasser gelöst. 2. An Bäumen werden in den Stamm Löcher bis auf das Kernholz gebohrt. In diese Löcher werden Korke eingepaßt, die in ihrer Durchbohrung rechtwinklig gebogene Glasröhrchen tragen, auf deren aufrechten Schenkel Trichter aufgesetzt werden. In diese Trichter wird Eisen-

[1]) Stender, A., Inaug. Diss. Rostock 1902.

[2]) Kotthoff, P., Die Bekämpfung von Ackerunkräutern mit chemischen Mitteln. Ldw. Ztg. f. Westf. u. Lippe **85**, 1928, 478.

[3]) D.R.P. 596881 Kl. 45 l, 1934.

[4]) Martell, P., Die Kleeseide und ihre Bekämpfung. Die kranke Pflanze **12**, 1935, 116 bis 118.

[5]) Gris, L., De l'action composés ferrugieux sur la végétation. Paris 1843, zit. nach Molz, E., Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **19**, 1907, 465.

[6]) Sachs, J., Vergleichende Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1887, S. 266.

[7]) Sachs, J., Das Eisen und die Chlorose der Pflanzen. Naturwiss. Rundschau **1**, 1886, 257—259.

sulfat- oder -chloridlösung mehrmals gefüllt. Mit der ersten Form der Anwendung hatte auch Goethe[1]) bei Obstbäumen gute Erfolge. Flontier[2]) suchte die Chlorose an Weinstöcken dadurch zu heilen, daß er mit einem Nagelbohrer 6—8 cm tiefe Löcher in die Stöcke bohrte und 33%ige Eisensulfatlösung in die Löcher goß. Ähnliches versuchte Mokrzecki.[3]) Er führte mit Hilfe besonderer Apparate 0,05—0,25%ige Eisensulfatlösungen in die Bäume ein. Dufour[4]) hatte Erfolge, wenn er dem Rebholz durch Bestreichen von Einschnitten eine 20%ige Eisensulfatlösung zuführte. Arnaud[5]) empfiehlt, Vertiefungen von 1,5—2 cm in den erkrankten Stämmen anzubringen und diese mit einer Paste zu füllen, die aus 35—40 g fein gepulvertem Eisensulfat und 20 g Olivenöl besteht. Auch durch Bespritzen mit Lösungen von Eisensalzen hat man Erfolge erzielen können[6]), doch traten leicht Verbrennungen an Blättern auf. Dufour[7]) verwendete deshalb ein Gemisch von 3 kg Eisensulfat und 2½ kg gebranntem Kalk auf 100 l Wasser. Müller-Thurgau[8]) empfiehlt 0,5%ige Eisensulfatlösung oder eine Brühe aus 2 kg Eisensulfat und 2 kg gebranntem Kalk auf 100 l Wasser. Nach Errichelli hat die Anwendung einer Eisenchloridlösung 0,2% 5—6 l je Stock gegenüber Eisensulfat den Vorteil, daß die Wirkung länger anhält.[9]) Während Sachs annahm, daß die Wirkung des Eisensulfates auf eine Wirkung des Eisens zurückzuführen sei, weist insbesondere Molz[10]) daraufhin, daß in kranken Rebteilen oft mehr Eisen als in gesunden vorhanden sei, und stützt sich dabei auf Untersuchungen von Schulze.[11]) Osterwalder[12]) vertritt ebenfalls die Ansicht, daß eine direkte Einwirkung des Eisens nicht anzunehmen sei, daß vielmehr die Wirkung durch die saure Beschaffenheit des Eisensulfates zu erklären sei. Vielfach ist auch über Mißerfolge bei Anwendung

---

[1]) Goethe, R., Eisenvitriol als Heilmittel der Gelbsucht der Obstbäume. Ber. d. Kgl. Lehranst. f. Obst- u. Weinbau 1889/90 30—31.

[2]) Flontier, Rev. vitic. 1896, zit. nach Molz, E., Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **19**, 1907, S. 468.

[3]) Mokrzecki, S., Über die innere Therapie der Pflanzen. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **13**, 1903, 257—265.

[4]) Dufour, J., Traitement de la chlorose. Chron. agric. du Canton de Vaud. 1903, 447.

[5]) Arnaud, G., Modification in the sulfate of iron treatment for controlling chlorosis of woody plants. Rev. vitic. **51**, 1919, 325—330. Ref. Agric. Gaz. Canada **8**, 1921, 495.

[6]) Guillon, J., La chlorose. Rev. vitic. **18**, 1902, 129; Molz, E., Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **19**, 1907, 461—480, 715—734, 788—799; **20**, 1907, 71—88, 126—149; Korstian, C. F., Hartley, C., Watts, L. F., and Hahn, G. G., A chlorosis of conifers corrected by spraying with ferrous sulphate. Journ. Agric. Res. **21**, 1921, 153—171.

[7]) Dufour, J., Notiz über eine neue Art der Anwendung von Eisenvitriol bei gelbsüchtigen Pflanzen. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **1**, 1891, 136—137.

[8]) Müller-Thurgau, H., Bekämpfung der Gelbsucht an Reben und Obstbäumen. Schweiz. Ztschr. f. Obst- und Weinbau. **10**, 1901, 238—239.

[9]) Errichelli, zit. nach Weinbau u. Kellerwirtsch. **1**, 1922, 165.

[10]) Molz, E., Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **19**, 1907, 461—480, 715—734, 788—799; **20**, 1907, 71—88, 126—149.

[11]) Schulze, E., Über die Aschenzusammensetzung von gelbsüchtigen und von gesunden Österreicher Reben. Ann. d. Oenologie, 1873, 14, zit. nach Molz.

[12]) Osterwalder, A., Von der Gelbsucht der Rebe. Schweiz. Ztschr. f. Obst- u. Weinbau **37**, 1928, 105—113.

von Eisensalzen gegen Chlorose berichtet worden.[1]) Diese Tatsache ist ohne weiteres erklärlich; denn unter dem Begriff Chlorose werden Krankheiten zusammengefaßt, die die verschiedensten Ursachen haben. Neben Eisensulfat und Eisenchlorid sind Eisenphosphat, Eisenzitrat[2]), Eisenammoniumzitrat und Eisentartrat verwendet worden. Alben, Cole und Levis[3]) konnten die Rosettenkrankheit von *Carya olivaeformis* mit 0,6—1%iger Eisensulfat- oder Eisenchloridlösung bekämpfen, und zwar durch Eintauchen oder durch Bespritzen. Müller[4]) hat bei nicht zu starkem Auftreten von *Bact. tumefaciens* Erfolge, wenn man die befallenen Stellen abkratzt und mit 20%iger Eisensulfatlösung bestreicht. Nach Niemeyer[5]) ist der Erfolg dieser Behandlung nur gering. Ravaz[6]) empfiehlt zur Bekämpfung der Anthraknose des Weins die Spritzung von 30—35 kg Eisensulfat und 2 l Schwefelsäure auf 100 l Wasser im unbelaubten Zustand.

Bariumchlorid, $BaCl_2 + 2\,H_2O$, ein billiges, leicht wasserlösliches, bitterschmeckendes Salz. Da die Haftfähigkeit der Bariumchloridlösung gering ist, empfiehlt sich nach Trappmann[7]) ein Zusatz von 2% Stärke oder ½% Leim oder 2% Melasse. Das Mittel ist zwar gefahrloser für Mensch und Haustier als Arsen, steht diesem aber in der Wirkung beträchtlich nach und wirkt vor allem auch langsamer. Gegen Blattwespenlarven ist es 1—2%ig, gegen Raupen 2—4%ig, und gegen Käfer (besonders gegen Rübenrüsselkäfer) 4—6%ig anzuwenden. Braßler[8]) empfiehlt 1—2%ige Bariumchloridlösung mit 2% Melassezusatz gegen den Schwarzen Schmutzblattkäfer *(Galeruca tanaceti L.)*. Nach Großheim[9]) wirkte eine 4%ige Bariumchloridlösung gut gegen verschiedene Arten der Gattung Sitona.

Bariumoxyd, $BaO$, Bariumhydroxyd, $Ba(OH)_2 + 8\,H_2O$, und Bariumkarbonat, $BaCO_3$, sollen wirksame Mittel gegen Kohlhernie sein.[10]) Gegen Feldmäuse ist nach Sachtleben[11]) scharfgebackenes, mit Magermilch an-

---

[1]) U. a. Dementjew, A., Die Chlorose der Pflanzen und Mittel zu ihrer Bekämpfung. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **13**, 1903, 321—338; Zschokke, Th., Versuche über die Bekämpfung der Bleichsucht bei Birnbäumen. Ber. Schweiz. Versuchsanst. Wädenswil, 1909/10, 432.

[2]) v. Poeteren, N., De bestreijding van chlorose bij vruchtboomen door het invendig todienen van ijzerzout. Tijdschrift over Plantenziekten **41**, 1935, 315—316.

[3]) Alben, A. O., Cole, J. R., and Levis, R. D., Chemical treatment of pecan rosette. Phytop. **22**, 1932, 595—601.

[4]) Müller, K., Grind des Weinstockes. Weinbaulexikon, Verl. Parey. Berlin 1930, S. 306.

[5]) Niemeyer, L., Die durch *Pseudomonas tumefaciens* (E. F. Smith und Townsend) Stevens verursachte Mauke der Weinreben. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **92**, 1935, 116—162.

[6]) Ravaz, L., Anthraknose *(Gloeosporium ampelophagum)*. Progrès agric. et vitic. **87**, 1927, 3—7, 57—60.

[7]) Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. Flugbl. **165—169** der Biol. Reichsanst. 19. Aufl. 1938.

[8]) Braßler, K., Schwarzer Schmutzblattkäfer *(Galeruca tanaceti L.)*, ein neuer Meerrettichschädling? Obst- u. Gemüsebau **3**, 1930, 46.

[9]) Großheim, N. A., Beiträge zum Studium der Gattung Sitona. Bull. Mleev. Hortic. Exp. Stat. 1928, 57 (russisch) Ref. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **81**, 1930, 154.

[10]) Naumov, N., L'action du calcium et de certains autres métaux dans le mode d'infection du chou par l'hernie. Défense des plantes **4**, 1927, 320—328 (russisch).

[11]) Sachtleben, H., Die Bekämpfung der Feldmäuse. Flugbl. **13** d. Biol. Reichsanst. 8. Aufl. 1933.

gefeuchtetes Brot aus 80 Teilen Weizenmehl und 20 Teilen Bariumkarbonat, nach Trappmann[1]) auch teigartige Massen aus verschiedenen Nahrungsmitteln mit 20% Bariumkarbonat brauchbar.

Die letale Dosis der Bariumsalze soll für Menschen 1—2 g betragen. Für Hühner beträgt die tödliche Dosis $BaCO_3$ 0,6—0,8 g je Kilogramm.

Bariumarsenate unter Arsenverbindungen (S. 413).

Bariumpolysulfide unter Schwefel und Sulfide (S. 429).

Magnesiumsulfat, $MgSO_4 + 7\,H_2O$, Bittersalz, kann nach Kotte[2]) als Ersatzmittel in Kupferkalk-Schweinfurtergrün-Brühen in den Fällen angewendet werden, in denen die Brühe nur als Insektizid verwendet wird und die Kupferkalkteilchen lediglich als Träger für die Arsensalzteilchen dienen sollen. Nach den Feststellungen von Hengl[3]) wird durch Magnesiumsulfat die Schwebefähigkeit der Teilchen in der Kupferkalkbrühe verbessert, nicht aber die Wirksamkeit.

Zacher und Kunike[4]) konnten bei ihren Versuchen eine gute Wirkung von Magnesiumkarbonat, $MgCO_3$, und Magnesiumoxyd, MgO, gegen Kornkäfer und andere Insekten feststellen. Die genannten Autoren nehmen an, daß die Wirksamkeit darauf zurückzuführen ist, daß durch das Mittel den Tieren Wasser entzogen wird. In feuchter Luft erwies sich nämlich das Einstäuben als unwirksam. Bei 70% Luftfeuchtigkeit trat die insektizide Wirkung noch ein. Keimschäden wurden durch die genannten Mittel nicht verursacht. Gasow[5]) hat darauf hingewiesen, daß die Anwendung des Magnesiumoxyds nicht ganz unbedenklich bei Brotgetreide ist, und daß infolgedessen in dieser Richtung Versuche durchgeführt werden. Bei Saatgut würde eine Trockenbeizung nicht mehr möglich sein, weil das mit Magnesiumoxyd eingepuderte Getreide die Trockenbeize nicht mehr festhält. Über das von Gasow vorgeschlagene Köderverfahren mit Magnesiumoxyd liegen Erfahrungen nicht vor. Naumov[6]) stellte eine gute Wirkung von Magnesiumkarbonat und Magnesiumoxyd gegen Kohlhernie fest.

Magnesiumsilikat, Talkum s. Füll- und Trägerstoffe (S. 543).

Magnesiumarsenat s. Arsenverbindungen (S. 413).

Magnesiumkalk s. Kalk (S. 372).

Aluminiumsalze. In erster Linie Alaun, $AlK(SO_4)_2 + 12\,H_2O$, und Aluminiumsulfat, $Al_2(SO_4)_3$, sind als teilweiser Ersatz des Kupfersulfates in der Kupferkalkbrühe verwendet worden (s. unter Kupferkalkbrühe S. 352).

---

[1]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung, Verl. Hirzel. Leipzig 1927. S. 385.

[2]) Kotte, W., Prüfung von Rebschädlingsmitteln im Jahre 1924. Weinbau u. Kellerwirtschaft **4**, 1925, 11.

[3]) Hengl, F., Vergleichende Versuche gegen pilzliche Rebenschädlinge in den Jahren 1925 bis 1927. Wein u. Rebe **10**, 1928, 340—351.

[4]) Zacher, E., und Kunike, G., Beiträge zur Kenntnis der Vorratsschädlinge. Untersuchungen über die insektizide Wirkung von Oxyden und Karbonaten. Arb. d. Biol. Reichsanstalt **18**, 1931, 201—231.

[5]) Gasow, H., Zur Frage der Kornkäferbekämpfung.. Landw. Ztg. f. Westf. u. Lippe **86**, 1929, 792—793.

[6]) Naumov, N., L'action du calcium et de certains autres métaux dans le mode d'infection du chou par l'hernie. Défense des plantes **4**, 1927, 320—328.

Zinksulfat, $ZnSO_4 + 7\,H_2O$. Anwendung als Zinkkalkbrühe (s. unter Kupferkalkbrühe S. 353).

Zinkchlorid, $ZnCl_2$. Farbloses, sehr hygroskopisches Salz, wird nach verschiedenen Verfahren als Holzkonservierungsmittel viel benutzt.

Mangansulfat, $MnSO_4 + 4\,H_2O$. Blaßrosa Kristalle, als Pulver farblos, dient als Streumittel, 50 kg je Hektar, oder als Spritzmittel, 5—10% Lösung 500—1000 l auf 1 ha als Mittel zur Bekämpfung der Dörrfleckenkrankheit des Hafers.[1])

Kaliumpermanganat, $KMnO_4$, ist verschiedentlich als Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung der Rebenperonospora, der Blutlaus, von Blattläusen[2]) und anderen Schädlingen verwendet worden. Es hat aber in allen Fällen eine ausreichende Wirkung nicht gezeigt. Zur Beschleunigung der Verdampfung von Formaldehyd wird es diesem zugesetzt (S. 464).

Manganarsenat s. unter Arsen (S. 413).

Eisenarsenat s. unter Arsen (S. 413).

Chromisalze, Verbindungen mit dreiwertigem Chrom, können nach einem Patent der I. G.-Farbenindustrie[3]) in Mischung mit Kupfer- und Erdalkalisalzen zur Unkrautbekämpfung auf Getreidefeldern dienen.

Cerisulfate als Abfallprodukte der Thoriumgewinnung haben nur während des Krieges wegen Rohstoffmangels als Ersatz für Kupferkalkbrühe (Perozidbrühe) Bedeutung gehabt. Perozid enthielt nach Wöber[4]) außer 23% Ceroxyd noch 14% Neodymoxyd, 12% Lanthanoxyd sowie sehr kleine Mengen anderer Oxyde in Form von Sulfaten.

## 3. Arsenverbindungen

### a) Geschichte der Anwendung der Arsenmittel

Die umfangreichste und mannigfaltigste Gruppe von Schädlingsbekämpfungsmitteln umfaßt die Arsenmittel. Ihre Bedeutung für den Pflanzenschutz ergibt sich am besten an Hand von Jahreszahlen, die Marksteine in der Geschichte und in der Entwicklung der Arsenanwendung gegen Schädlinge darstellen. Diese Entwicklung und Ausarbeitung der Arsenpräparate erfolgte im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts fast ausschließlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, meist veranlaßt durch das starke Auftreten irgendwelcher Schädlinge (Kartoffelkäfer, Schwammspinner, Frostspanner, Baumwollkapselkäfer, Obstmade usw.), die in den ausgedehnten Anbaugebieten die Ernten besonders stark minderten oder gar in Frage stellten und die Ausarbeitung brauchbarer Bekämpfungsmittel infolgedessen erforderlich machten.[5])

---

[1]) Rademacher, B., Die Dörrfleckenkrankheit. Flugbl. **136** der Biol. Reichsanst. 1935.

[2]) Hahmann, C., Blattläuse und übermangansaures Kali. Die kranke Pflanze **10**, 1933, 104—105.

[3]) D.R.P. 552824.

[4]) Wöber, A., Die fungizide Wirkung der verschiedenen Metalle gegen *Plasmopara viticola Berl. et de Toni* und ihre Stellung im periodischen System der Elemente. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **30**, 1920, 51—59.

[5]) Metcalf, C. L., Progress in spraying and dusting methods during the past 75 years. Transaction Illinois Stat. Hort. Soc. 1930, 287—307.

Nach Hollrung[1]) sollen die ältesten Angaben über Verwendung von Arsenik zur Getreidebeizung auf das Jahr 1740 zurückreichen. Auch die Verwendung arsenhaltiger Mittel als Insektizide war um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt, wurde doch in Frankreich durch ein Gesetz ihre Verwendung als Fraßgifte, Giftköder und als Getreidebeizmittel bereits 1846 verboten. Etwa 20 Jahre später setzte dann in USA. die gewaltige Entwicklung der Arsenmittelausarbeitung und -anwendung ein, wobei sich nacheinander drei wichtige Arsenmittel — Schweinfurtergrün, Bleiarsenat, Kalziumarsenat — den Vorrang streitig machten. Schweinfurtergrün (Pariser Grün) wurde zum erstenmal 1867 gegen den Kartoffelkäfer, 1872 gegen den Frostspanner und gegen Baumwollraupen und 1878 gegen Obstmade angewendet. In den Jahren 1878 und 1879 benutzte man gegen diese Schädlinge versuchsweise Londoner Purpur, ein Kalziumarsenit und Kalziumarsenat enthaltendes Abfallprodukt der Anilinfabrikation, das neben Schweinfurtergrün in der Zeit von 1885—1890 gegen Spannerraupen auch in gewissem Umfange verwendet wurde. Bleiarsenat, das 1892 gegen Schwammspinner zum erstenmal versucht wurde, fand seine Ausarbeitung als Spritzmittel und in noch weiterem Umfange als Stäubemittel in den Jahren 1903—1910 und verdrängte um 1908 schnell das Schweinfurtergrün. Kalziumarsenat, das bereits 1889 versuchsweise benutzt wurde, jedoch sehr starke Schädigungen an den behandelten Pflanzen hervorrief, wurde erst 1912—1915 als Stäubemittel für Obst- und Baumwollkulturen ausgearbeitet und war 1919 in USA. allgemein neben Bleiarsenat im Gebrauch. In den Baumwollkulturen der Vereinigten Staaten wurden 1920 ca. 16000 t Kalziumarsenat verbraucht. Im Jahre 1921 fand in Ohio die erste Arsenverstäubung vom Flugzeug statt, ein Ereignis, das eine weitere ausgedehnte Anwendung der Arsenstäubemittel in vielen Staaten der Erde nach sich zog.

Für die Ausarbeitung der Arsenmethode sind noch folgende Zahlen wichtig: 1889 wurde zum ersten Male die Kombination des Schweinfurtergrüns mit einem Fungizid versucht, 1913 strebte man danach, durch Zusätze (Kasein) die Regenbeständigkeit der Arsenpräparate zu verbessern.

Außer als Spritz- und Stäubemittel wurden die Arsenmittel zu Anfang des Jahrhunderts auch als Giftköder angewandt. Im Jahre 1909 wurden von der Südafrikanischen Regierung beträchtliche Mengen Natriumarsenit bereits zur Heuschreckenbekämpfung an die Farmer abgegeben[2]), und in Südrußland wurden im gleichen Jahre über 1000 t Schweinfurtergrün zur Heuschreckenbekämpfung verwendet.[2])

Mit der Arsenanwendung kamen auch bald die „Arsensorgen". Die durch Arsenmittel oft verursachten Blattschäden suchte man schon 1889 durch Kalkzusatz zu vermeiden. Weiterhin verursachte der auf den Früchten verbleibende Arsenbelag schon frühzeitig in hygienischer Beziehung Bedenken, so daß man ebenfalls im Jahre 1889 z. B. durch Eintauchen der behandelten Trauben in Essigwasser den Spritzbelag zu entfernen suchte. Zum Problem wurde jedoch die Frage der Entfernung des Arsenbelages in fast allen Staaten erst in den Jahren 1920—1930, nachdem die Arsenmittel in weitestem Umfange in den Wein- und Obstbau Einzug gehalten hatten. Man versuchte, die Arsenmittel zum Teil durch Ölspritzmittel zu ersetzen oder aber ihre Wirkung durch Zusatz bestimmter Öle so zu steigern, daß eine Herabsetzung ihres Arsengehaltes möglich würde. Andererseits haben sich in diesen Jahren die verschiedensten Waschverfahren in Amerika, Südafrika und Australien zur Entfernung des Arsenbelages von Früchten herausgebildet (S. 398).

In Deutschland[3]) setzten sich die Arsenmittel, da im Weinbau zur Traubenwicklerbekämpfung bis zum Weltkriege ausschließlich Tabakextrakt verwendet wurde, erst viel später durch. Zwar hatte schon Bassermann-Jordan 1905 Schweinfurtergrün gegen den Heuwurm angewandt und auch Dewitz und Lüstner hatten wenige Jahre später mit Schweinfurtergrün Versuche im Weinbaugebiet der Mosel und des Rheingaues begonnen. Die allgemeine Anwendung aber setzte erst 1917 ein, als infolge der Kriegsverhältnisse in Deutschland der Tabakextrakt nicht mehr in genügenden Mengen zur Verfügung stand. Für die Anwendung

---

[1]) Hollrung, M., zitiert S. 366.

[2]) Fulmek, L., Zur Arsenfrage im Pflanzenschutzdienst. Arch. f. Chemie u. Mikroskopie 1913, H. 6 und Verh. d. Deutschen Ges. für ang. Entom. (Sept. 1918). Berlin 1919.

[3]) Stellwaag, F., Der Gebrauch der Arsenmittel im Deutschen Pflanzenschutz. Flugschrift Nr. 11 der Dtsch. Ges. f. angew. Entom. Berlin 1926 (Literatur).

der Arsenpräparate traten u. a. Morstatt[1]), Reh[2]), Müller[3]), Escherich[4]), Stellwaag[5]) und Schätzlein[6]) ein. Im Jahre 1925 wurden nach Stellwaag zur Heu- und Sauerwurmbekämpfung in der Pfalz 300 t Arsenmittel, im Jahre 1926 auf einer Fläche von 9000 ha insgesamt 600 t Arsenstäubemittel, 35 t Arsenspritzmittel und 36 t Tabakextrakt verbraucht. Groß sind die Mengen Arsenpräparate, die heute in allen Erdteilen als Spritz- oder Stäubemittel oder als Streumittel (insbesondere als Heuschreckengiftköder) benötigt werden. Die Bedeutung der Arsenmittel für den Pflanzenschutz zeigen besonders die von Roark[7]) gegebenen Zahlen der allein schon in USA. 1934 verbrauchten Arsenmengen:

| | |
|---|---|
| Schweinfurtergrün . . . . . . . . . . . | 4000000 pounds |
| Bleiarsenat . . . . . . . . . . . . . . . | 40000000 pounds |
| Kalziumarsenat . . . . . . . . . . . . . | 30000000 pounds |
| Arsenik (gegen Heuschrecken). . . . . . | 7924000 pounds |
| Natriumarsenit (gegen Heuschrecken) . . | 175000 gallons. |

### β) Allgemeines über die Anwendung der Arsenmittel

Arsenhaltige Mittel werden als Magengifte, seltener als Kontaktgifte in den verschiedensten Anwendungsformen und Anwendungsverfahren benutzt.[8])

Als Spritzmittel werden sie mit Hilfe von Hand-, Rücken-, Karren- oder Motorspritzen auf die bedrohten Pflanzen gebracht. In Sonderfällen sind besondere Spritzdüsen[9]) verwandt worden, die die Anwendung auf ganz bestimmte Teile der Pflanzen beschränken. Im Weinbau wird eine auf Gescheine und Trauben begrenzte intensive Anwendung der Arsenspritzmittel durch Verwendung besonderer Revolverzerstäuber[10]) ermöglicht.

Die Empfindlichkeit der Pflanzen verbietet die Anwendung wasserlöslicher Arsenverbindungen. Außer Schweinfurtergrün (S. 406) haben daher Salze der

---

[1]) Morstatt, H., Die Verwendung des Arsens im Weinbau und sein Vorkommen im Wein. Süddeutsche Apotheker-Zeitung **47**, 1907; ders., Die Heu- und Sauerwurmbekämpfung im Weinbau und die Bekämpfungsversuche mit Arsenpräparaten. Mitt. üb. Weinbau und Kellerwirtschaft **21**, 1909, 58—64.

[2]) Reh, L., Phytopathologisches aus Holland. Ztschr. f. angew. Entom. **10**, 1924, 213.

[3]) Müller, K., Arsenbrühen als Ersatz für Nikotinbrühen. Wein u. Rebe **1**, 1919, 182—186 (und viele spätere Arb.).

[4]) Escherich, K., Ein großer Fortschritt in der Schädlingsbekämpfung (Schweinfurtergrün). Mitt. d. D. L. G. 1921, 293.

[5]) Stellwaag, F., zitiert S. 381 (Literatur!).

[6]) Schätzlein, Chr., Sauerwurm-Bekämpfungsversuche mit verschiedenen Spritzmitteln. Wein und Rebe **1**, 1919, 653—657.

[7]) Roark, R. C., Insecticides and fungicides. Industrial and engineering Chemistry. **27**, Nr. 5, 1935, 530—532.

[8]) Eingehende Darstellungen über die Verwendung von Arsenmitteln bringen folgende Zusammenfassungen: Wardle, R. A., and Buckle, P., The principles of Insect control. Manchester 1923; Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Berlin. 3. Aufl. 1923; Anderson, O. G., and Roth, F. C., Insecticides and fungicides, spraying and dusting equipment. New York 1923; Bourcart, E., Insecticides, fungicides and weedkillers. 2. ed. from T. R. Burton, London 1925; Stellwaag, F., Der Gebrauch der Arsenmittel im deutschen Pflanzenschutz. Flugschrift **11** der Dtsch. Ges. f. angew. Entom. Berlin 1926; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Grundlagen und Methoden im Pflanzenschutz. Leipzig 1927; Martin, H., The scientific principles of plant protection with special reference to chemical control. 2. ed. London 1936.

[9]) Schwartz, W., Über Versuche mit „Hylarsol" gegen *Hylobius abietis*. Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1933, H. 3.

[10]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. Karlsruhe 1922.

arsenigen Säure als Spritzmittel kaum Verwendung gefunden. Von den Salzen der Arsensäure fanden bisher nur Bleiarsenat und Kalziumarsenat größere Verbreitung. Die Mittel, für welche hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften Normen (S. 408 und 412) aufgestellt wurden, werden als Suspensionen benutzt, wobei bestimmte Zusätze oft eine ausreichende Schwebefähigkeit sichern. Die im Handel befindlichen Arsenpräparate sind meist trockene Pulver, die mit wenig Wasser angerührt werden, bevor man sie der Spritzbrühe zufügt. Seltener (z. B. bei Bleiarsenat) sind auch stark konzentrierte Suspensionen („Pasten") im Handel, die in dem Liefergefäß umgerührt umd dann der gesamten Spritzflüssigkeit beigegeben werden können. Die Pastenform hat sich nicht durchsetzen können, da die Präparate meist schon nach kurzer Zeit absetzen, starken Bodensatz bilden und daher nicht lange lagerfähig sind. Auch die Herstellung sog. kolloidaler Arsenpräparate[1]) ist verschiedentlich versucht worden, weil man glaubte, durch eine außerordentliche Feinheit die Wirkung steigern zu können.

Es zeigte sich, daß mit zunehmender Feinheit die Möglichkeit der Blattschädigungen wächst, daß aber bei längerer Lagerung auch diese Präparate nicht kolloidal bleiben, sondern nach mehr oder weniger kurzer Lagerung erhebliche Bodensätze bilden. In das andere Extrem verfiel man, als man versuchte, staubförmige Arsenpräparate wie Schokolade in Tafeln[2]) zu pressen, um durch Abbrechen von Riegeln bestimmter Größe eine einfache, das Abwägen ersparende Dosierung zu ermöglichen. Die Präparate haben sich nicht eingeführt, weil die Dosierung doch nicht genau genug war und auch sonstige Nachteile (geringe Schwebefähigkeit) mit der Tafelpressung verbunden waren.

Die Arsenbrühen werden zur gleichzeitigen Bekämpfung von beißenden und saugenden Insekten und Pilzkrankheiten oft mit Berührungsgiften (Nikotin-, Pyrethrum-, Derrispräparaten[3])) und mit fungiziden Mitteln (Kupfer- und schwefelhaltige Mittel[4])) gemischt und zusammen verspritzt. Die Kombinationen sind möglich, wenn beim Zusammenbringen nicht durch chemische Reaktionen die insektizide oder fungizide Wirkung herabgesetzt wird oder pflanzenschädigende Verbindungen in der Mischung entstehen[5]). Oft werden den Arsenbrühen auch andere Beistoffe (Seife, Öle usw.) zur Verbesserung der Be-

---

[1]) Sur la préparation et les propriétés de l'arseniate de plomb colloidale. Rev. d. zool. agric. **22**, 1924, 73—74; D. R. P. Nr. 564840 vom 10. 11. 1932; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927 (S. 236 und 247).

[2]) Escherich, K., Uraniagrün in Tafelform. Ztschr. f. angew. Entom. **8**, 1921, H. 1, 188; Stellwaag, F., Elhardts Grüntafeln, eine wesentliche Neuerung in der Schädlingsbekämpfung. Wein u. Rebe, **2**, 1921, 593—594.

[3]) s. allg. Zusammenstellung S. 382, Fußnote 8.

[4]) Biol. Reichsanst., Leitsätze für die Schädlingsbekämpfung im Stein- und Kernobstbau; Leitsätze für die Schädlingsbekämpfung im Weinbau; Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. Flugblatt **165—169** der Biol. Reichsanst. 19. Aufl. 1938; Goodwin, W., and Martin, H., The lime-sulphur-calcium arsenate spray. Journ. Agric. Sci. **16**, 1926, 596—606; dies., The chemical effect of the addition of a "spreader" to the mixed lime sulphur-lead arsenate spray. Journ. Agric. Sci. **15**, 1925, 476—490; Thatcher, R. W., and Streeter, L. R., Chemical studies of the combined lead arsenate and lime-sulphur spray. New York Agric. Stat. Bull. **521**, 1924.

[5]) Marshall, J., and Groves, K., Three year study of calcium arsenate for codling moth control. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 658—669.

netzungsfähigkeit und Regenbeständigkeit oder zur Steigerung der insektiziden Wirkung zugesetzt.[1]) Den größten Antrieb zur Ausarbeitung solcher Kombinationen und Zusätze hat die Schädlingsbekämpfung im Obstbau gegeben, da dort eine gleichzeitige Bekämpfung von Obstmade, Fusikladium und Blattläusen möglich und oft auch sehr erwünscht ist und die Schwierigkeit der Obstmadenbekämpfung eine ständige Steigerung und Verbesserung der Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich machte (S. 388).

Die wasserlöslichen und daher giftigeren Salze der arsenigen Säure und der Arsensäure haben als Spritzmittel nur dort Verwendung finden können, wo eine schonende Behandlung der Pflanzen nicht erforderlich war (z. B. zur Heuschreckenbekämpfung[2]) auf Ödländereien) oder wo Pflanzen als Unkräuter oder Zwischenwirte vernichtet werden sollten[3]). Die Verteilung geschah in solchen Fällen auch oft in gröberer Form als Gießmittel.

Arsenbrühen (Lösungen und Suspensionen) sind endlich auch als Tauchmittel benutzt worden, wenn es galt, Pflanzenteile (z. B. Gras zur Heuschreckenbekämpfung[4]), Zwiebelstücke[5]) zur Bekämpfung der Zwiebelfliege) mit Arsenmitteln anzufeuchten und dann auszulegen.

Auf die Anwendung flüssiger arsenhaltiger Präparate als Beizmittel[6]) und als Impfmittel (mit besonderen Spritzen werden Arsenlösungen z. B. in abgeschnittene Unkräuter (Disteln) zur Vernichtung der im Boden verbleibenden Wurzeln[7]) verspritzt; Arsenlösungen werden auch zur Vernichtung von Bäumen und Baumstubben[8]) in dieselben eingebracht) oder als Anstrich- und Imprägnierungsmittel (zur Holzkonservierung)[9]) sei nur hingewiesen.

Als Stäubemittel werden Arsenverbindungen verwandt, wenn es gilt, in kürzester Zeit große Flächen mit einem Arsenbelag zu bedecken und dadurch die Kulturen zu schützen. Die Verteilung der Pulver geschieht mit Hilfe von Hand-, Rücken-, Karren- oder Motorverstäubern[10]) oder vom Flugzeug.[11]) Bei niedrigen, in Reihen stehenden Feldkulturen (z. B. Rüben) kann durch Be-

---

[1]) Marshall, J., and Groves, K., The present status of calcium arsenate in codling moth control. Proc. 31. Meet. Wash. State Hortic. Assoc. 1935. Washington 142—149; Webster, R. L., Arsenical deposit and codling moth control. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 410—417; Hood, Ch. E., Fish oil as an adhesive in lead arsenate spray. U. S. Dept. Agric. Wash. Techn. Bull. **111**, 1929.

[2]) vgl. Bücher, Parfentjew, Uvarov, Morstatt zit. S. 316 u. 317.

[3]) Fürst, F., Chemische Pflanzengifte als Unkrautvertilgungsmittel. Prakt. Blätter für Pflanzenschutz **13**, 1935, 1—27; Thompson, N., Eradicating the common barberry by means of chemicals. Phytopathology **13**, 1923, 48.

[4]) s. oben Fußnote 2.

[5]) Kästner, A., zitiert S. 439, Fußn. 4; ders., Die Zwiebelfliege. Der Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 92; **76**, 1930, 82—83; Flugblatt 23 d. Versuchsstat. f. Pflanzenschutz, Halle.

[6]) Riehm, E., Saat- und Pflanzgutentseuchung. Dieses Handbuch VI, 1937, S. 213.

[7]) z. B. Spritze „Disteltod“.

[8]) Kolbe, W., Die Klärung von Urwaldgelände in Australien. Tropenpflanzer **29**, 1926, 259—265; Zerstören von Bäumen (Notiz). Chemiker-Zeitung Nr. 71 vom 4. 9. 1935, S. 727.

[9]) Häger, B., A new method for impregnation of wood. Chem. Abstr. **30**, 1936, 262; Arsenical wood preservatives. Chem. Trade. Journ. **99**, 1936, 171.

[10]) Zillig, H., vgl. dieses Handbuch Bd. VI, Spritz- u. Stäubeapparate.

[11]) Voelkel, H., vgl. dieses Handbuch Bd. VI, Schädlingsbekämpfung mit Flugzeugen.

nutzung von Verstäubebeuteln[1]) eine sparsame Anwendung der Stäubemittel erzielt werden. Die Verstäubung vom Flugzeug aus, die in Deutschland besonders im Forst in großem Umfang angewandt wurde, hat eine sehr weitgehende Ausarbeitung und Verbesserung der Arsenstäubemittel und insbesondere der Kalziumarsenatstäubemittel zur Folge gehabt.[2])

Als Streumittel sind Arsenpulver (z. B. Bleiarsenat) auch dem Boden beigemischt worden, um Bodenschädlinge (Engerlinge, Larven des *Japanese beetle*[3])) zu bekämpfen. Durch Ausstreuen oder Verstäuben von Arsenstäubemitteln auf Gewässer vom Flugzeug aus hat man erfolgreich in Rußland die Mückenbekämpfung[4]) durchgeführt.

Eine ausgedehnte Verwendung fanden die Arsenverbindungen als Ködermittel[5]), bei welchen die für die Schädlinge in Frage kommenden Nährpflanzen oder besondere Lockspeisen mit Arsenmitteln (meist Arsenik oder Natriumarsenit, seltener Schweinfurtergrün, Bleiarseniat oder Kalziumarseniat) versetzt wurden. Die Anwendungsvorschriften sind so zahlreich und mannigfaltig, daß hier nur eine Auswahl von Literatur und die hauptsächlichsten Anwendungsverfahren angegeben werden können, zumal im 4. und 5. Band dieses Handbuches Einzelheiten der Bekämpfungsverfahren bei den einzelnen Schädlingen schon angegeben sind.

Feste arsenhaltige Ködermittel finden unter Mitbenutzung von Nähr- und Lockmitteln Anwendung gegen Nagetiere[6]), beißenden Isekten (arsenhaltige Streuköder[7])),

[1]) Blunck, H., und Görnitz, K., Lebensgeschichte und Bekämpfung der Rübenaaskäfer. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **12**, 1925, 31—49.; Blunck, H., und Janisch, R., Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Rübenaaskäfer im Jahre 1923. Ebd. **13**, 1925, 433—496.

[2]) Eidmann, H., Die Flugzeugbestäubung der Forstschädlinge und ihre Organisation im Lichte neuzeitlicher Erfahrung und Forschung. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen **65**, 1933, 24—48, 65—92; Wolff, M., Fünf Jahre Arsenkampf gegen Forstschädlinge. Ebd. **62**, 1930, 456—497; Voelkel, H., Schädlingsbekämpfung mit Flugzeugen. In diesem Handbuch Bd. IV.

[3]) Thiem, H., Bodenentseuchung. Dieses Handbuch Bd. VI, 1937, S. 162—163.

[4]) Martini, E., Das Bestäubungs- besonders Schweinfurtergrünverfahren in der Malariabekämpfung. Ztschr. f. Desinfektions- u. Gesundheitswesen **23**, 1931, 151—166.

[5]) Krieg, H., Schädlingsbekämpfung mit arsenhaltigen Ködermitteln. Ztrbl. f. Bakt. II, **65**, 1925, 59—62.

[6]) vgl. Bd. IV, 4. Aufl., dieses Handbuches S. 865 (Ziesel), S. 874 (Rennmäuse), S. 878 (Ratten), S. 905 (Wühlmäuse); Reichsgesundheitsamt, Die Bekämpfung der Ratten und Hausmäuse. Merkbl. 4. Aufl. Berlin 1930; Saling, Th., Rattenbüchlein. E. Deleiter, Dresden; Schander, R., und Goetze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Ztrlbl. f. Bakt. II, **81**, 1930, 260—284, 336—367, 481—501; Koller, R., Das Rattenbuch. Verl. M. & H. Schoper, Hannover 1922.

[7]) vgl. Bd. IV, 4. Aufl., dieses Handbuches S. 76 (Asseln), S. 143 (Collembolen), S. 152 (Ohrwurm), S. 153 (Blattiden), S. 159 (Werren), S. 189—190 (Heuschrecken), S. 240 (Termiten), Bd. V (4. Aufl.) S. 54 (Tipula), S. 98 (Rübenaaskäfer); Bücher, H., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monogr. III, Beiheft z. Ztschr. f. angew. Entom. Berlin 1918; Parfentjev, J. A., Control of Acrididae in USSR. Transact. of IV. Intern. Congr. of Entom. Ithaca, 1928, 848—856; Uvarov, B. P., Locusts and grasshoppers. Imp. Bur. Entom. London 1928, 352 pg.; Morstatt, H., Die Bekämpfung der Heuschreckenplage. Der Tropenpflanzer **37**, 1934, 413—419; Mote, D. E., and Wilcox, J., The strawberry Root weevils and their control in Oregon. Oregon Agric. Coll. Circ. **79**, 1927; Gasow, H., Zur Bekämpfung der Schnakenlarven *(Tipula padulosa* und *T. oleracae)* mit chemischen Mitteln. Landw. Jahrb. **77**, 1933, 69—112.

Schnecken[1]) und Würmer (Regenwürmer).[2]) Flüssige, meist auf die Pflanzen verspritzte oder auch in Gefäßen oder auf besonderen Flächen dargebotene Arsenköder dienen zur Anlockung und Vergiftung von Obst- und Gemüseschädlingen, Ameisen u. dgl.[3])

Arsenmittel sind auch als Vergasungsmittel verwandt worden. Gegen Termiten[4]), Ameisen und gelegentlich auch gegen Maulwürfe hat man Arsen mit Schwefel in Spezialapparaten (ant-killers, ant-ex terminator) auf glühenden Kohlen verbrannt und die entstehenden Gase in die Baue und Nester geleitet. Weiterhin hat man auch versucht, im Freiland gegen Forstschädlinge aus Gasflaschen arsenhaltige Gase abzublasen, oder durch Verbrennung arsenhaltige Rauchwolken zu erzeugen, die einige Zeit in den Baumkronen stehend die Schädlinge töten oder durch Bildung eines Niederschlages einen wirksamen Arsenbelag auf den Nadeln erzeugen. Die Verfahren sind bisher über das Versuchsstadium nicht hinausgekommen.[5])

### γ) Allgemeines über die Giftwirkung der Arsenmittel

#### 1. Giftwirkung auf die Schädlinge

Die zur Schädlingsbekämpfung benutzten Arsenmittel wirken in erster Linie als Fraß- oder Magengifte. Diese Giftwirkung wurde verschiedentlich durch Versuche mit Arsenverbindungen oder arsenhaltigen Schädlingsbekämpfungsmitteln einzeln oder in Vergleich zueinander[6]) oder im Vergleich mit anderen Insektiziden,

---

[1]) Basinger, A. J., The eradication campaign against the white small *(Helix pisana)* at la Jolla, California. Monthly Bull. Dep. Agric. **16**, 1927, 51.

[2]) Walton, W. R., Earthworms as pests and otherwise. U. S. Dept. Agric. Farmer's Bull. **1569**.

[3]) vgl. dieses Handbuch, Bd. V, 4. Aufl., S. 20 (Olivenfliege), S. 22 (Mittelmeerfruchtfliege), S. 25 (Kirschfruchtfliege), S. 41 (Zwiebelfliege), S. 397—398 (Ameisen); La lutte contre la mouche des olives dans les divers pays. Inst. Intern. d'Agric. Bur. de R. agric. et des maladies des plantes. VI. assemblés générale. Rome 1922.; Trappmann, W., Die Anwendung flüssiger Arsenköder im Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, **4**, 1924, 75—77.; Kästner, A., Untersuchungen zur Lebensweise und Bekämpfung der Zwiebelfliege *(Hylemyia antiqua)*. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **39**, 1929, 49—139.; Pape, H, Narzissenfliege und Zwiebelmondfliege als Blumenzwiebelschädlinge. Die Gartenwelt **33**, 1929, 610—638; Malenotti, E. Die Bekämpfung der Kirschfliege in Italien. Verh. der Ges. f. angew. Entom. 1930. Berlin 1931.

[4]) Morstatt, H., Termitenbekämpfung in den Tropen. Tropenpflanzer **31**, 1928, 475—483; Fuller, Cl., White-ants in Natal. Union of South Africa, Dept. of Agric. Pretoria 1912, Bull. **54**.

[5]) Mokrzecki, Z., Die Bestäubung durch Flugapparate und die Vergasung der von der Nonne angegriffenen Bestände. Anz. f. Schädlingskde. **2**, 1926, 90; Eckstein, K., Über die Methoden neuzeitlicher Maßregeln gegen Insektenschäden im Walde. Anz. f. Schädlingskde. **2**, 1926, 5—8; Knoche, E., Schädling, Klima und Bekämpfung. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **16**, 1929, 705—775.

[6]) vgl. die Zusammenstellungen von Wardle und Buckle, Hollrung, Anderson und Roth, Bourcart, Stellwaag, Trappmann und Martin zit. S. 382, Fußn. 8; Fulmek, L., Die Giftigkeitsunterschiede gebräuchlicher Arsenmittel. Fortschr. Landw. **4**, 1929, 209—212; Lovett, A. L., and Robinson, R. H., Toxic values and killing efficiency of the arsenates. Journ. of Agric. Res. **10**, 1917, 199—207; Wyscheleskaja, N. S., and Parfentjev, J. A., Untersuchung über die Toxizität verschiedener Arsenpräparate auf Wanderheuschrecken (Russisch). La Défense des Plantes **5**, 1928, 187—196.

z. B. Fluorverbindungen[1]) an den verschiedensten Insekten als Versuchstieren festgestellt und in zahllosen Fällen der praktischen Anwendung beobachtet. Diese Giftversuche gaben gleichzeitig Veranlassung, Methoden für die Prüfung von Fraßgiften auszuarbeiten und besondere Vorrichtungen zur gleichmäßigen Anwendung und zur genauen Dosierung der vom Einzeltier aufgenommenen Giftmenge auszuarbeiten.[2])

Die Giftwirkung hängt ab von der Art der Arsenverbindung. Für die Giftwirkung ist die Löslichkeit bzw. Hydrolysierbarkeit der Arsenverbindung ausschlaggebend. Die Salze der arsenigen Säure sind giftiger als die der Arsensäure. Die Art des Kations scheint kaum Einfluß auf die Höhe der Giftwirkung zu haben, jedenfalls nimmt Voukassowitch[3]) auf Grund seiner Versuche an, daß die Ansicht falsch ist, die hohe Giftigkeit des Bleiarsenates sei durch den Bleigehalt bestimmt. Nach R. Janisch[4]) betrug die von erwachsenen Kohlweißlingsraupen mit vergiftetem Futter bis zum Tode aufgenommene Giftmenge

| | |
|---|---|
| bei Natriumarsenit . . . . . . | 0,004 g, |
| bei Bleiarsenat . . . . . . . . | 0,080 g, |
| bei Bleioxyd . . . . . . . . . | 13,971 g. |

Trotzdem ist das das Salz bildende Metall von Bedeutung, da es die Stabilität der betreffenden Arsenverbindung bestimmt. Es ist ferner für die Giftwirkung wichtig, ob die Arsenverbindung als primäres, sekundäres oder tertiäres Salz vorliegt.[5]) Nach Joachimoglu[6]) ist es wahrscheinlich, daß die Giftigkeit der Arsensäure nicht ihr selbst zukommt, sondern auf der Reduktion zu arseniger Säure beruht. Durch Zusätze von Stoffen, die in Magen und Darm des Schädlings reduzierend wirken (z. B. Sulfide, Jodide, Metalle wie Zinkstaub) soll sich daher die insektizide Wirkung steigern lassen.[7])

---

[1]) Marcovitch, S., The relative toxicities of arsenicals and fluorine compounds to various organisms. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 108—114.

[2]) Janisch, R., Eine neue Methode zur vergleichenden Beurteilung der Wirksamkeit von Insektenfraßgiften. Nachr.-Blatt f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst 1926, 10—11 und 18—20; Campbell, F. L., Methoden zum Studium magengiftiger Insektizide. Anz. für Schädlingskde. **5**, 1929, 133—139 (Literatur); Stellwaag, F., Giftigkeit und Giftwert der Insektizide. VII. Ztschr. f. angew. Entom. **18**, 1931, 698—725 (Literatur!); Görnitz, K., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln IV. Neue Apparate und Methoden. Mitt. a. d. Biol. Reichsanstalt **46**, 1933, 5—59; Trappmann, W., und Nitsche, G., V. Beiträge zur Giftwertbestimmung und zur Kenntnis der Giftwirkung von Arsenverbindungen. Ebd. **46**, 1933, 61—89; Trappmann, W., und Tomaszewski, W., XX. Allgemeine Richtlinien für die Prüfung von Insektiziden. Mitt. a. d. Biol. Reichsanstalt, **55**, 1937, 81—142.

[3]) Voukassovitch, P., Action des traitements arseniceaux de la belle saison sur les chenilles de la Pyrale. Rev. de Zool. Agric. et appliqués, **23**, 1924, 133—141.

[4]) Janisch, R., Eine neue Methode zur vergleichenden Beurteilung der Wirksamkeit von Insektenfraßgiften. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, **6**, Nr. 2, 1926, 10—11, 18—20.

[5]) Cook, F. C., and McIndoo, N. E., Chemical, physical and insecticidal properties of arsenicals. U. S. Dept. of Agric. Bull. **1147**, 1923, 57 pg.; Lovett, A., L. & Robinson, R. H., Toxic values and killing efficiency of the arsenates. Journ. of Agric. Res. **10**, 1917, 199—207. Dies.: Arsenic as an insecticide. Journ. of econ. Entom. **10**, 1917, 345.

[6]) Joachimoglu, G., Vergleichende Untersuchungen über die Giftigkeit der arsenigen Säure und Arsensäure. Biochem. Ztschr. **70**, 1915, 144—157.

[7]) D. R. P. 526706.

Die Erfahrungen in der Praxis haben oft Fehlschläge der Wirkung an sich brauchbarer Arsenmittel gezeigt. Dieses Versagen wurde häufig als eine gewisse Unempfindlichkeit („Arsenresistenz") der betreffenden Insekten erklärt. In vielen Fällen beruht diese Giftunempfindlichkeit auf der fraßabschreckenden Wirkung, die viele Arsenmittel auf gewisse Insekten[1]) aber auch auf Nagetiere[2]) zeigen. Es ist versucht worden, durch Zugabe bestimmter Stoffe diese Fraßabschreckung zu beheben.[3]) In den meisten Fällen jedoch liegt der Grund des Versagens in den für die Vergiftung ungünstigen Verdauungsverhältnissen[4]) der betreffenden Insektenart, d. h. die Lösungsverhältnisse im Darmkanal sind infolge des pH-Wertes der Verdauungssäfte so ungünstig, daß die im Darm befindlichen Arsenverbindungen nicht angegriffen und gelöst werden und unbeeinflußt den Darm passieren können.[5]) Bei der Verschiedenartigkeit der Verdauungssäfte und ihres Säuregehaltes bei den einzelnen Insektenarten[6]) ist es daher nicht verwunderlich, daß z. B. neutrale oder basisch reagierende Arsenmittel bei Insekten mit sauren Verdauungssäften gut wirken, jedoch bei Insekten mit alkalisch reagierenden Verdauungssäften versagen.[7]) Selbst bei einem und demselben Schädling wird oft beobachtet, daß junge Raupenstadien noch sehr empfindlich sind, ältere Raupenstadien jedoch so unempfindlich sind, daß sie mit den Arsenmitteln kaum noch bekämpft werden können. Es ist daher nicht möglich, wie es wiederholt versucht wurde, für eine Arsenverbindung die Giftwirkung zahlenmäßig (oft sogar als Dosis letalis) zu erfassen und diese Zahl dann allgemeingültig als Gradmesser für die „insektizide Wirkung" hinzustellen. Trotzdem ist es für die Praxis wichtig und auch möglich, sowohl für die Dosierung der Arsenbrühen allgemein gültige Anwendungskonzentrationen (Bleiarsen und Kalziumarsen: 0,4%, Schweinfurtergrün: 0,08—0,2%) als auch für die Stärke des Giftbelages auf den Blättern bestimmte Zahlen (10—14 g je qm) anzugeben, die den zur Abtötung der Schädlinge notwendigen und für die Pflanze noch erträglichen Giftmengen allgemein noch gerecht werden.[8])

---

[1]) Anderson, K. Th., Der linierte Blattrandkäfer, ein gefährlicher Erbsen- und Bohnenschädling. Fortschr. Landw. **8**, 1933, 319—321; Goetze, G., und Schleusener, W., Versuche zur Bekämpfung der Weidenblattkäfer. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **42**, 1932, 49—58.

[2]) Saling, Th., Über einige Fragen in der Rattenbekämpfung. Kleine Mitt. d. Vereins d. Wasser-, Boden-Lufthygiene **7**, 1931, 271.

[3]) O'Kane, W. E., (Ind. and Eng. Chem. **15**, 1923, 911) zit. nach Martin, H., The scientific principle of Plant protection. 1928.

[4]) Tietz, H. M., The solubility of arsenate of lead in the digestive fluids of the honey-bee. Journ. econ. Entom. **17**, 1924, 471.

[5]) Cook, F. E., and McIndoo, N. E., zit. S. 387.

[6]) Swingle, M. C., Hydrogen ion concentration within the digestive tract of certain insectes. Ann. Entom. Soc. America **24**, 1931, 488; Shinoda, O., Contributions to the knowledge of intestinale secretion in Insects. III. The Journ. of Biochemistry **11**, 1930, (Tokio), 345 bis 367; Trappmann, W., und Nitsche, G., zit. S. 387.

[7]) Auf die Arbeit von L. Fulmek (zit. S. 386, Fußn. 6), welcher 6 Arsenite und 6 Arsenate hinsichtlich ihrer biologischen Wirkung, ihres wasserlöslichen Arsenanteils und ihrer pH-Löslichkeit vergleichend untersuchte, kann aus Raummangel nur hingewiesen werden.

[8]) Trouvelot, B., et Raucourt, M., Sur la sensibilité des larves d'hyponomeutes aux sels arsénicaux. Rev. Path. Vég. **22**, 1925; Raucourt, M., Contribution à l'étude chimique et insecticide des poudres antidoryphoriques. Ann. agron. N. S. Boll. **4**, 1934, 529—553; Webster, R. L., Arsenic deposit and codling moth control. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 410—417.

Als Nachwirkung der Arsenverbindungen bei nicht genügender Abtötung infolge Unterdosierung wurde festgestellt, daß die mit Arsen behandelten Raupen sich oft noch verpuppten, dann aber kümmerliche Puppen und Falter ergaben[1]) oder aber als Falter noch kopulierten und Eier legten, daß aber aus den Eiern keine Raupen mehr schlüpften.[2]) Im Gegensatz hierzu scheint in Kalifornien die seit Jahrzehnten durchgeführte Obstmadenbekämpfung mit Arsen das Auftreten arsenresistenter Obstmadenrassen (nach Webster: 1930: 73%, 1931: 60%, 1932: 36% Abtötung)[3]), begünstigt zu haben, die eine ständige Erhöhung der Arsendosen (von 2 pds. auf 6 pds. Bleiarsenat auf 100 gals. Spritzbrühe) erforderlich gemacht und den Anstoß zur weiteren Verbesserung und zur Suche nach arsenfreien Ersatzmitteln gegeben haben. Nach W. Speyer war bei der Arsenbekämpfung bereits an Polyeder erkrankter Raupen eine Heilwirkung des Arsens festzustellen.[2]) Als Folge der Arsenanwendung glaubten endlich noch Folsom und Bondy[4]) ein starkes Blattlausauftreten feststellen zu können; nach ihren Angaben wurden durch die Arsenstäubemittel die Schlupfwespen der Aphiden stark gemindert.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die Wirksamkeit und Brauchbarkeit von Arsenmitteln in der Praxis von folgenden Punkten abhängt:

a) vom Arsenmittel: Arsengehalt, Art, Löslichkeit bzw. Hydrolysierbarkeit der Arsenverbindung, Art der Hilfsstoffe und Zusätze, die die chemische oder physikalische Brauchbarkeit des Mittels beeinflussen oder biologisch (z. B. auf die Fraßtätigkeit) ungünstig wirken können;

b) vom Schädling: Art und Säuregrad der Verdauungssäfte bedingt durch die Insektenart, Alter und Entwicklungsstadium der Tiere, Disposition (Gesundheitszustand) des Einzelindividuums;

c) von der Anwendung: Anwendungskonzentration, Anwendungsmenge, Anwendungsverfahren, Anwendungszeit;

d) von Außenfaktoren: klimatischen Einflüssen, Temperatur, Feuchtigkeit.

Die eigentliche Giftwirkung der Arsenverbindungen beruht auf einer Eiweißfällung im Zellplasma, auf einer Lähmung des Nervensystems, auf einer Speicherung des Arsens (und des Bleis) im Körper (Verdauungsorgane, Haut und Hautbildungen). Nach Fink[5]) ist die Hemmung der Sauerstoffaufnahme (Inaktivierung der Oxydations-Enzyme) bei den Insekten als Ursache am wichtigsten,

---

[1]) Voelkel, H., Nachwirkungen verschiedener Insektizide auf Seidenspinner. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **46**, 1933, 91—94.

[2]) Speyer, W., Beitrag zur Wirkung von Arsenverbindungen auf Lepidopteren. Ztschr. f. angew. Entom. **11**, 1925, 395—399.

[3]) Hough, W. S., Studies of the relative resistance to arsenical poisoning of different strains of codling-moth larvae. Journ. agric. Res. **38**, 1929, 245—256; Webster, R. L., Insect tolerance. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1016—1021; ders., Is lead arsenate a failure? Proc. 31 Ann. Meeting Wash. Stat. Hortic. Assoc. Washington 1935, 151—156.

[4]) Folsom, J. W., and Bondy, F. F., Calcium arsenate dusting as a cause of aphid infestation. U. S. Dept. agric. Circ. **116**, 1930.

[5]) Fink, D. E., The digestive enzymes of the colorado potato beetle and the influence of arsenicals on their activity. Journ. agric. Res. **45**, 1932, 470—483.

doch zeigen die Versuche von Parfentjev und Devrient[1]), daß der Gaswechsel nicht der Angriffspunkt des Arsens sein kann. Bei starken Arsengaben kommt, insbesondere bei Nagetieren, noch eine lokale Verätzung der Darmwände hinzu.

Es hat überrascht, daß Arsenverbindungen (Arsentrioxyd und Natriumarsenit) auch eine Giftwirkung als „Kontaktgift" zukommt. In Rußland und in Südafrika werden sowohl auf die Hüpfer als auch auf fliegende Heuschreckenschwärme vom Flugzeug aus diese Arsenstäubemittel verstäubt, indem eine Arsenwolke auf die Hüpfer oder quer vor die Wander- oder Flugrichtung der ankommenden fliegenden Schwärme gelegt wird.[2])

### 2. Fungizide Wirkung der Arsenverbindungen

Den Arsenverbindungen kommt eine gewisse fungizide Wirkung zu, die mit dem Gehalt an löslichen Arsenanteilen zunimmt.[3]) So wirken nach E. S. Salmon & E. Horton[4]) lösliche Arsenverbindungen (z. B. Natriumarsenat) schon in geringen Konzentrationen (mit 0,02% $As_2O_5$) gut auf Hopfenperonospora, und Natriumarsenit und Natriumarsenat (0,01—0,02%) waren nach L. Garbowski und Leszczenko[5]) wirksam gegen amerikanischen Stachelbeermehltau. Morse[6]) stellte nach H. Martin auch gute fungizide Wirkung des Bleiarsenats auf Apfelschorf fest. Auch bei den schwer löslichen Arsenverbindungen gibt der Grad der Hydrolysierbarkeit den Ausschlag: Nach den umfangreichen Untersuchungen von W. Goodwin, H. Martin und E. S. Salmon[7]) wirkt von den im Pflanzenschutz als Spritzmittel anwendbaren Arsenverbindungen Kalziumarsenat fungizid am besten, das basische Bleiarsenat am schlechtesten, während das saure Bleiarsenat eine Mittelstellung einnimmt.

Die fungizide Wirkung der Arsenverbindungen reicht trotzdem in den Konzentrationen, in denen sie an Pflanzen ohne „Verbrennungsgefahr" angewendet werden können, zur wirksamen Bekämpfung von Pilzkrankheiten nicht aus. Die Arsenverbindungen sind aber für die fungizide Wirkung auch dann von Bedeutung, wenn sie mit Kupfer oder Schwefelmittel als Fungiziden zusammen angewandt werden und dabei durch chemische Reaktion die fungizide Wirkung dieser Mittel beeinflussen. Es ist bekannt, daß z. B. bei der Kombination von Bleiarsenat mit Schwefelkalkbrühe zur Bekämpfung der Obstmade und des

---

[1]) Parfentjev, J. A., und Devrient, W., Über die Wirkung des Arsens auf den Gasstoffwechsel der Insekten. Biochem. Ztschr. 1930, 368—377.

[2]) Parfentjev, J. A., Bericht über die Forschungsarbeiten der Aviochemischen Expedition 1926 (Russisch). La Défense des Plantes **5**, 1928, 161—168; O'Kane, W. C., and Glover, L. C., Penetration of arsenic into insects. Studies on contact Insecticides X. Techn. Bull. N. H. Agric. Exp. Stat. Nr. 63, Durham, N. H., 1935; Morstatt, G., Die Bekämpfung der Heuschreckenplagen. Der Tropenpflanzer **37**, 1934, 413—419.

[3]) Martin, H., zitiert S. 382, Fußnote 8.

[4]) Salmon, E. S., and Horton, E., Lime sulphur and calcium caseinate as a fungicide. Journ. Minist. Agric. London, **28**, 1922, 995—999 (und Journ. agric. Sci. **12**, 1922, 269).

[5]) Garbowski, L., and Lesczenko, P., (Rev. appl. Myc. **5**, 1926, 505) zit. nach H. Martin.

[6]) Morse, W. J., (Maine agric, Exp. Stat. Bull. **223**, 1914) zit. nach H. Martin.

[7]) Goodwin, W., Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray-fluids. Journ. agric. Sci. **16**, 1926, 302—317.

Apfelschorfes die erhöhte fungizide Wirkung festgestellt werden kann, die zum Teil auf eine durch die Kombination erreichte Erhöhung der Regenbeständigkeit erklärt wird. So berichtete A. Osterwalder[1]), daß Bleiarsenat + Schwefelkalkbrühe infolge der durch die Kombination erhöhten Regenbeständigkeit das Apfellaub besser vor Schorfbefall schützen als Kalziumarsenat + Schwefelkalkbrühe, daß aber die erste Kombination auch stärkere Verbrennung verursacht. Die gemeinsame Anwendung von Kalziumarsenat und Schwefelkalkbrühe versagte an Grafensteiner vollkommen, an denen sonst Schwefelkalkbrühe allein gut wirksam ist. Diese Ergebnisse lassen vermuten, daß die Erhöhung bzw. Herabsetzung der Wirkung fungizider Spritzbrühen durch Arsenzusätze weniger auf Änderung der Regenbeständigkeit, als vielmehr auf chemische Umsätze zurückzuführen sind, auf welche auf Seite 392, 409 u. 428 hingewiesen wird.

### 3. Wirkung der Arsenverbindungen auf die Pflanzen

Arsenverbindungen können leicht Schäden an behandelten Pflanzen hervorrufen.[2]) Es treten besonders an jungen Trieben, Früchten und Blättern (hier besonders an den Blatträndern und an der Träufelspitze) Nekroseerscheinungen auf, die sich als Welken, Verfärben und Eintrocknen der Blatteile und oft der ganzen Blätter zeigen und in schweren Fällen zu vollständigem Blattfall führen können. Wegen der bei diesen Blattabsterbeerscheinungen auftretenden Verfärbungen werden solche Schäden als „Verbrennungsschäden", „Verbrennungen" oder „Verbräunungen" bezeichnet. Die Arsenverbindungen können oft auch auf älteren Rindenteilen[3]) krankhafte Veränderungen hervorrufen, so wurden bei Pfirsich krebsartige Rindenveränderungen und Gummifluß beobachtet. Das Auftreten solcher Arsenschäden hängt ab

1. von der Art und Konzentration der Arsenverbindungen,
2. von der Empfindlichkeit der Pflanzen,
3. von den klimatischen Bedingungen vor, während und nach der Behandlung,
4. von ungünstigen Kombinationen der Arsenverbindungen mit anderen Mitteln oder von ungünstigen Zusätzen zu den Arsenverbindungen.

Für die Unschädlichkeit der Arsenverbindungen für die behandelte Pflanze ist die Wasserlöslichkeit der Verbindungen bzw. ihr Anteil an wasserlöslichen Bestandteilen ausschlaggebend. Entsprechend der Hydrolysierbarkeit neigt von den gebräuchlichsten Arsenspritzmitteln das basische Bleiarsenat am wenigsten, das Kalziumarsenat am meisten zu Verbrennungen, während das saure Bleiarsenat auch hier wiederum eine Mittelstellung einnimmt. Noch größer als bei den vorgenannten ist die Gefahr von Laubschädigungen bei den Schweinfurtergrün-Präparaten vorhanden. Man versuchte die Verbrennungsgefahr durch Zusatz von

---

[1]) Osterwalder, A., Erfahrungen bei der Bekämpfung des Schorfes und der Schrotschußkrankheit im Sommer 1931. Schweiz. Ztschr. f. Obst- und Weinbau **41**, 1932, 120—130.

[2]) Vgl. die Zusammenstellungen von Martin, H., Wardle, R. A., und Buckle, P., Boucart, E., Hollrung, W., Stellwaag, F., und Trappmann, W., zitiert S. 382 Fußnote 8; Kotte, W., Spritzmittelschäden im Obstbau. Die Gartenbauwissenschaft **5**, 1931, 525—540.

[3]) Swingle, D. B., and Morris, H. E., Arsenical injury through the bark of fruit trees. Journ. agric. Res. **8**, 1917, 283—318.

Kalk, durch den die in Lösung gegangene arsenige Säure gebunden wird, zu Kalziumarsenat und Schweinfurtergrünbrühen zu vermeiden.

Für die Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Arsenschäden ist sowohl die Sorte als auch die individuelle Konstitution wichtig. Kernobst ist allgemein widerstandsfähiger als Steinobst. Der Grad der Empfindlichkeit der Pflanzen ist oft von so ausschlaggebender Bedeutung, daß er ohne Rücksicht auf die Giftempfindlichkeit des Schädlings die Anwendungskonzentration der Spritzbrühe bestimmen kann. So werden Schweinfurtergrün-Präparate in Deutschland und Österreich[1]) mit 0,06% bei Steinobst, mit 0,08% bei Birnen und empfindlichen Apfelsorten, mit 0,1% bei widerstandsfähigen Apfelsorten, mit 0,15—0,2% bei Reben und mit 0,2—0,3% in Feldkulturen (Rübenaaskäfer, Getreidelaufkäfer usw.) empfohlen.

Mit der individuellen Konstitution sind insbesondere Fragen der Laubentwicklung verbunden: junge, wasserreiche Blätter zeigen sich ebenso arsenempfindlich wie unter Lichtmangel leidendes Laub. Man hat überhaupt gefunden, daß kränkelnde Bäume gegen Arsenverbindungen empfindlicher sind als gesunde[2]), wie auch der Einfluß von Nährstoffmangel und schlechten Böden auf die Arsenempfindlichkeit der Pflanzen von Einfluß ist.[3]) Auch durch vorhergegangene Spritzungen (z. B. Sommerölspritzungen) kann eine Schwächung der Bäume bewirkt sein, die sich ungünstig als verstärkte Arsenempfindlichkeit bemerkbar macht.[4])

Gewisse Witterungsbedingungen begünstigen Arsenschäden. Es hat sich gezeigt, daß insbesondere der Behandlung folgende hohe Temperatur- und hohe Feuchtigkeitsgrade, aber auch plötzliche Temperaturstürze mit dem Auftreten von Blattverbrennungen in Zusammenhang zu stehen scheinen (S. 394).

Wichtig sind weiterhin die Hilfsstoffe, fungizide Zusätze und weitere Mittel, die den Arsenbrühen zur Erhöhung der insektiziden Wirkung oder zur Kombination der insektiziden mit fungizider Wirkung zugesetzt werden. Beigaben von Seife wirken leicht arsenlösend und führen daher zu Verbrennungen (S. 408). Im Überschuß zugegebener Kalk (auch als Bestandteil von Kalzium-Kaseinat) wirkt durch die Bindung der löslichen Arsenverbindungen verbrennungshemmend, ebenso auch kolloidale Netzmittel (Gelatine, Saponin). Bei der Kombination der Arsenverbindungen mit Fungiziden hängt die Möglichkeit von Laubschädigungen auch wieder nur von der Frage der Bildung löslicher Arsenverbindungen ab. Die Zugabe von Bleiarsenat zur Schwefelkalkbrühe führt zur Bildung von Kalziumarsenaten und Thioarsenaten (S. 409), die an sich labiler sind und daher eher zu Verbrennungen neigen als das ursprüngliche Bleiarsenat. Auch hier kann durch Zusatz kolloidaler Netzmittel der Zerfall der Kalziumpolysulfide und damit auch die Zersetzung des Bleiarsens gehemmt werden.

---

[1]) Miestinger, K., Schweinfurtergrün im Pflanzenschutz. Tiroler landw. Blätter **49**, 1931, 4—8.

[2]) Haensler, C. M., and Martin, H., Arsenical injury to the peach. Phytol. **15**, 1925, 321—331.

[3]) Braun, Schorf und Obstmadenbekämpfung am Bodensee. Der Obst- und Gemüsebau **76**, 1930, H. 5. 77—80, 97—98, 6 Abb.

[4]) Hough, W. S., Apple trees affected by frequent sprays of Summeroil. Journ. econ. Entom. **28**, 1925, 1075.

Eine Zugabe von Zinksulfat soll bei Kalziumarsenaten die Verbrennungen, bei Bleiarsenaten die Pigmentveränderungen der Früchte durch Bildung von wasserunlöslichem Zinkarsenat verhindern.[1])

Zur Erklärung der Laubschäden durch Arsen hat man lange Zeit die Wirkung von Tau und Regen unter Mitwirkung der Kohlensäure der Luft angeführt; im Arsenbelag auf den Blättern sollen dabei lösliche saure Arsenverbindungen auftreten, die auf die Pflanzenzellen abtötend wirken. Zwar werden bei einem gewissen Kalküberschuß der Brühe die löslichen Verbindungen anfangs noch gebunden, doch bilden sich bald Kalziumkarbonat und Kalziumbikarbonat, die die Lösung der Arsenverbindungen fördern.[2]) Zur Ermöglichung der Einwirkung auf die Pflanzenzelle hat man vielfach Art und Ausbildung der Blattkutikula herangezogen: bei empfindlichen Sorten, aber auch bei feuchtwarmen Witterungs- und Klimaverhältnissen soll die Kutikula besonders fein ausgebildet sein und dadurch den Blättern einen genügenden Schutz nicht mehr gewähren. Von A. Zschokke[3]), später vor allem noch von F. Leibrandt[4]), A. Geßner[5]), K. Müller[2]) u. a. wurde die Ansicht vertreten, daß durch einen zu hohen Kalküberschuß die die Blätter schützende Kutikula verätzt und beschädigt wird und daß damit die Parenchymzellen den Angriffen wasserlöslicher Arsenverbindungen besonders ausgesetzt seien. Es wurde jede Überdosierung der Arsen- und Kupferarsenbrühen an Kalk daher vermieden. Die Erfahrungen der Praxis haben allerdings gezeigt, daß dem Kalk eine solche ätzende Wirkung nicht zukommt; außerdem war schon bekannt, daß auch ohne Zerstörung der Kutikula die Blätter größere Flüssigkeitsmengen aufnehmen können. Neuere, in der österreichischen Bundesanstalt für Pflanzenschutz ausgeführte Untersuchungen haben sodann gezeigt, daß die eigentliche Ursache der Arsenschäden die durch Niederschläge verursachte „Dauerhydrolyse" des immer von neuem eintrocknenden Spritzbelages, der allgemeine Verbrauch des Kalküberschusses und die oft nach Wochen doch auftretende Bildung frei werdender „wasserlöslicher" Arsenverbindungen ist. Reckendorfer[6]) unterscheidet daher die bei Kalküberschuß durch Ätzwirkung gelegentlich immerhin mögliche Alkalischädigung von der meist erst nach 14 Tagen entstehenden wirklichen Arsenschädigung. Eine Charakterisierung der Alkalischäden und der Arsenschäden gaben H. Faes und M. Staeheli.[7])

---

[1]) Kadow, K. J., and Anderson, H. W., The role of zinc sulfate in Peach sprays. Univ. Illinois, Agric. Exp. Stat. Bull. **414**, 1935; Marshall, J., The experimental application of Calcium arsenate for codling moth control in an arid Region. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 960—965.

[2]) Müller, K., Ergebnis der Untersuchungen über Arsenverbrennungen im Weinbau. Weinbau u. Kellerwirtschaft **12**, 1933, H. 24.

[3]) Zschokke, A., Rostige Trauben; Spritzschäden. Wein und Rebe **1**, 1919, 485—497.

[4]) Leibbrandt, F., Die Kutikula der Pflanzen und die Schädlingsbekämpfung. Weinbau und Kellerwirtschaft **8**, 1929, 191—194.

[5]) Geßner, A., Beziehungen zwischen dem Kalkgehalt der Spritzbrühen und Verbrennungserscheinungen an Reben. Weinbau und Kellerwirtschaft **7**, 1928, Heft 8.

[6]) Reckendorfer, P., Die Ursachen des Arsenschadens. Neuh. a. d. Gebiet d. Pflanzenschutzes 1931, 33—35.; ders., Die Hydrolyse des Schweinfurtergrüns. Ein analytischer Beitrag zur Kenntnis der wasserlöslichen arsenigen Säure. Die Gartenbauwiss. **6**, 1931, 96—106.

[7]) Faes, H., et Staeheli, F., La lutte contre les parasites de la vigne insectes and champignons. en 1927—1928. Ann. agr. de la Suisse, 1929.

Eine Beschleunigung der Umsetzungen im Spritzbelag und der Entstehung löslicher Arsenverbindungen ist auch schon früher hier und da durch eine Exkretion der Blätter erklärt worden, eine Annahme, die durch die Untersuchungen von Th. Lausberg[1]), der in den von den Blättern ausgeschiedenen Exkreten Kalzium und Kaliumsalze feststellte, ihre Bestätigung fand. Das Vorhandensein dieser Salze in den Exkreten erklärt auch wohl die Tatsache, warum bei hohen Temperaturen und hohen Feuchtigkeitsgraden, also unter Verhältnissen, bei denen Guttation an den Blättern beobachtet wird, gerade auch Arsenschäden am meisten zu beobachten sind.

#### 4. Wirkung des Arsens auf den Menschen

Die Wirkung des Arsens auf den Menschen ist bekannt: einerseits wird es als therapeutisches Heilmittel[2]) in der Medizin verwendet, andererseits hat es in zahllosen Unfällen, Mord- und Selbstmordversuchen eine traurige Berühmtheit gefunden. Bis in das zweite Jahrhundert vor der jetzigen Zeitrechnung geht nachweislich die Kenntnis der Giftwirkung von Arsenverbindungen.[3])

Arsen ist ein außerordentlich verbreitetes Element, das in geringen Mengen in der gesamten Materie vorkommt. Es findet sich in der unbelebten Natur wie auch in pflanzlichen[4]) und tierischen Organismen. In fast allen menschlichen Organen (Gehirn, Lunge, Leber, Milz, Nieren, Schilddrüse, Haut, Haare und Nägel, Knochen und Urin) ist Arsen in Mengen von 2—30 mmg As je 100 g Frischsubstanz gefunden worden.[5]) Die Milz enthält in 100 g frischer Substanz 60 $\gamma$ As ($1\gamma = 0{,}001$ mg), in 127 g Schilddrüsensubstanz wurden sogar 1000 $\gamma$ As gefunden.[6])

Von den Lebens- und Genußmitteln enthalten die wichtigsten in 100 g Frischsubstanz folgende Mengen in $\gamma$ As:

| nach Fellenberg[7]): | | nach Jadin und Astruc[8]): | |
|---|---|---|---|
| Hühnerei | 13,0 | Trüffel | 20,0 |
| Hühnerdotter | 23,6 | Bohnen | 25,0 |
| Weizen | 13,8 | geschälte Erbsen | 26,0 |
| Weizenkleie | 18,0 | Pferdebohnen, Sellerie | 20,0 |

[1]) Lausberg, Th., Quantitative Untersuchungen über die kutikuläre Exkretion des Laubblattes. Jahrb. f. wiss. Botanik **81**, 1935, 769—806.

[2]) Arsenhaltige Heilquellen von Levico und Roncegno.

[3]) Lewin, L., Gifte und Vergiftungen. Berlin 1929 (Literatur!).

[4]) Wehner, C., Die Pflanzenstoffe. Fischer, Jena 1929.

[5]) Billeter, O., und Marfurt, E., Über den normalen Arsengehalt des menschlichen Körpers. Helv. chim. acta. 1923, 780—784 (Chem. Ztrlbl. 1924, I, 353); Guillaume, A., und du Noyer, R., Arsenik in der Toxikologie. Pharm. Journ. **123**, 193—194 (Chem. Ztrbl. 1929, II, 1833); Keilholz, A., Die Aufsuchung einiger Metalle und von Arsenik in pflanzlichen und menschlichen Organen. Pharm. Weekblad **58**, 1921, 1482—1495 (Chem. Ztrbl. 1922, II, 113); Kunkel, A. J., Handbuch der Toxikologie. Jena 1899; Vámossy, Z. v., Der Arsengehalt der Haare und der Nägel. Pharmaz. Mh. **13** (Budapest) 1932, 254 (Chem. Ztrbl. 1933, I, 1462); Lewin, L., Gifte und Vergiftungen. Berlin 1929.

[6]) Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Jena 1913. Bd. IX, S. 578.

[7]) Fellenberg, Th. von, Über den Arsengehalt natürlicher und mit Arsenpräparaten behandelter Lebensmittel. Biochem. Ztschr. **218**, 1930, 300—317.

[8]) Jadin, F., und Astruc, A., Über die Gegenwart von Arsen in einigen pflanzlichen Nahrungsmitteln. C. R. Acad. Sci. France. **154**, 893—896 (Chem. Ztrbl. 1912, I, 1730).; ders., Das Arsen und Mangan in einigen Pflanzenprodukten, welche den Tieren als Nahrung dienen. C. R. Acad. Sci. France. **159**, 268—270 (Chem. Ztrbl. 1914, II, 885).

| nach Fellenberg: | | nach Jadin und Astruc: | |
|---|---|---|---|
| Gerste und Hafer | 50,0 | Mandeln | 25,0 |
| Reis | 16,0 | Orangen | 11,0 |
| Erbsen | 13,5 | Mandarinen | 12,0 |
| Feldsalat | 4,6 | Walnüsse | 13,0 |

Gemüse, wie Blumenkohl, Radies, Karotten, Kürbis, Spinat, Artischoken, Linsen usw., enthielten in 100 g Frischsubstanz 8—10 γ As, Äpfel und Birnen nach Fellenberg 1,0—2,7 γ, nach Jadin und Astruc 5—7 γ, amerikanische Tabake sogar 600—3000 γ.[1]) Die Kenntnis dieser Werte ist für den Pflanzenschutzsachverständigen erforderlich, um bei auftretenden Schädigungen Arsen als Ursache feststellen und eine durch arsenhaltige Pflanzenschutzmittel bewirkte Steigerung des Arsengehaltes zahlenmäßig bestimmen zu können.

Besonders arsenhaltig sind Meeresorganismen[2]), bei denen in 100 g Frischsubstanz folgende Mengen in γ As gefunden wurden:

| nach Fellenberg[3]): | | nach Sadolin[4]): | |
|---|---|---|---|
| Hering gekocht | 170 | Dorschleber | 70—320 |
| Heringsfleisch | 380 | Dorschlebertran | 300—450 |
| Heringshaut | 400 | Aal (Öl) | 60 |
| Langusten | 410 | Heringsfleisch | 200 |
| eßbare japanische Algen | 3010 | Heringsöl | 900 |

Es ist überraschend, daß ein für die lebende Zelle starkes Gift in Organismen und in Lebensmitteln eine solche Verbreitung hat; man ist daher geneigt, dem Arsen, das in geringen Dosen stimulierend und erst in stärkeren Mengen schädigend wirkt, eine lebenswichtige Bedeutung zuzuschreiben.

Für den Menschen und seine Gesundheit sind folgende Zahlen wichtig: Bei Gaben von 0,01 g $As_2O_3$ treten deutliche akute Krankheitserscheinungen auf, als Dosis letalis wird 0,06 g $As_2O_3$ angegeben. Die größte Einzelgabe beträgt nach dem Deutschen Arzneibuch 0,005 g $As_2O_3$, die größte Tagesgabe 0,015 g $As_2O_3$. Bei Gewöhnung soll 0,5 g als Einzelgabe genommen werden können. Symptome der akuten Arsenvergiftung sind Magen- und Unterleibsschmerzen, Durchfall, Appetitlosigkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen und Schwindelgefühl, bei chronischer Vergiftung zeigen sich Schlaflosigkeit, Erbrechen, Durchfall, Haut-, Haare-, Nägel- und Knochenerkrankungen (schmerzhafte Keratosen an Händen und Füßen, Deformationen der Nägel), in schweren Fällen motorische und sensible Störungen, Verunstaltungen der Hände, Lähmung und Tod durch Herzlähmung oder Störung der Niere und Leber. Als Gegengabe bei akuter Arsenvergiftung kommen Mittel in Frage, die durch Erbrechen die gewaltsame Entfernung aus dem Magen fördern oder die die löslichen Arsenverbindungen im Darm durch Bildung unlöslicher Verbindungen unschädlich machen oder die als eine Art „Schutzkolloid" ihre Angriffsmöglichkeit herabsetzen (Eisenoxyd, Natriumsulfid, Magnesiumoxyd, Magnesiumkarbonat, Adsorptionskohle, Milch usw.). Bestimmte Organe (Leber, Haare) des menschlichen Körpers nehmen das Arsen in größeren Mengen auf; sie werden daher in erster Linie zur chemischen

[1]) Remington, R. E., Eine bisher unverdächtige Quelle von Arsen in der menschlichen Umgebung. Journ. Amer. chem. Soc. **49**, 1927, 1410—1416 (Chem. Ztrbl. 1927, II, 1105).

[2]) Jones, A. J., Der Arsengehalt einiger mariner Algen. Pharmac. Journ. **109**, 1922, 86—87 (Chem. Ztrbl. 1922, II, 835).

[3]) Fellenberg, Th. von, zitiert S. 394.

[4]) Sadolin, E., Untersuchungen über das Vorkommen von Arsen im Organismus der Fische. Dansk. Tidskr. Farmaci **2**, 1928, 186—196 (Chem. Ztrbl. 1928, II, 1110).

Feststellung der Todesursache bei Unglücksfällen benutzt. Der Arsengehalt der Nägel beträgt normal 15—20 $\gamma$ Arsen, bei Arbeitern, die ständig mit arsenhaltigem Material zu tun haben, 155 $\gamma$ Arsen.[1]) Der Körper selbst sorgt durch Exkretion für eine schnelle Entgiftung, schon 5—6 Stunden nach Verabreichung begann bei Schafen die Ausscheidung des Arsens durch die Nieren, nach zwei Tagen waren zwei Drittel der verabreichten Menge ausgeschieden.[2])

Neben der Arsengiftwirkung auf den Menschen muß auch die Bleigiftwirkung kurz berücksichtigt werden, da Bleiarsenatpräparate in ausgedehntem Umfange zur Schädlingsbekämpfung benutzt werden. Die Gefahr, die Blei insbesondere für den mit bleihaltigem Material täglich umgehenden Arbeiter bedeutet, ist bekannt.[3]) Über den normalen und pathologischen Bleigehalt menschlicher Ausscheidungen berichten unter anderen Kehoe, Thaman und Cholak.[4])

Wenn auch für die Giftwirkung von Bleiarsenat auf den Menschen (S. 397) es nur auf Art und Menge der Arsenverbindung als Giftfaktor ankommt, da das Blei als Kation der Arsenverbindung den bestimmten Charakter gibt, so gelangt doch bei der Aufnahme und der Zersetzung von Bleiverbindungen Blei in den Körper, das schon, in ganz geringen Spuren dauernd aufgenommen, zu schweren Erkrankungen führt, da Blei im Gegensatz zu Arsen durch die Nieren kaum ausgeschieden wird, sich vielmehr im Körper aufspeichert und somit kumulative Giftwirkung zeigt. Die „akute" Vergiftung wird somit durch den Arsengehalt, die „chronische" Vergiftung durch den Bleigehalt weitgehend bestimmt.[5])

Die Unmöglichkeit, auch für die im Pflanzenschutz in größtem Ausmaß angewandten Arsenverbindungen (Schweinfurtergrün, Bleiarsenat und Kalziumarsenat) für den Menschen gültige Werte als Dosis letalis angeben zu können, zeigt, daß die Zahl der durch arsenhaltige Pflanzenschutzmittel verursachten Todesfälle sehr beschränkt ist. Schädigungen der menschlichen Gesundheit sind möglich durch unvorsichtige Anwendung der Mittel, durch Genuß arsenbehandelter Pflanzenteile (Gemüse, Früchte) oder der aus ihnen hergestellten Genuß- und Lebensmittel (Wein). Die meisten der bisher bekannt gewordenen Todesfälle sind auf Mord oder Selbstmord zurückzuführen. Die den Vertrieb von Giften regelnden und in allen Kulturstaaten erlassenen gesetzlichen Bestimmungen[6]) sollen diese Möglichkeit ausschließen.

Sieht man von den Unglücksfällen ab, die z. B. in Südafrika durch leichtsinnige Verwendung gebrauchter leerer Arsenpackungen als Lebensmittel- und

---

[1]) Vámossy, Z. v., zitiert S. 394.

[2]) Green, H. H., The fate of ingested and injected arsenic in sheep with special reference to treatment of haemonchosis. 5. u. 6. Repts. of Dir. Vet. Res. Union of South Africa, 1918, 483—538.

[3]) Seitz, A., Die Bleigefahr im Gewerbe. Reichsarbeitsblatt III (Arbeiterschutz) 1927, Nr. 11, S. 78; Brezina, E., Die gewerblichen Vergiftungen und ihre Bekämpfung. Stuttgart 1932.

[4]) Kehoe, R. A., Thamann, F., und Cholak, J., Über die normale Resorption und Ausscheidung von Blei. Journ. of ind. Hyg. **15**, 1933, 257—305 (zit. n. Chem Ztrbl. 1933, II, 3306).

[5]) Sy, M., Die Gefährdung von Mensch und Nutztier durch Pflanzenschutzmittel. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. **48**. 1938, S. 1—17.

[6]) Vgl. Wilke, S., Pflanzenschutzbestimmungen in Deutschland. Dieses Handbuch, Bd. VI.

Trinkbehälter durch Neger verursacht sind[1]), so kann man sagen, daß in der umfangreichen Literatur außer den Erkrankungen im Kaiserstuhlgebiet[2]), die allerdings nur unter außergewöhnlich ungünstigen Verhältnissen durch die fehlende Reinigungsmöglichkeit infolge Wassermangels möglich waren, kein Fall verzeichnet ist, bei welchem bei sorgfältiger und sachgemäßer Anwendung der Arsenmittel schwere zu Tode führende Schäden am Menschen sicher festgestellt wurden.

Für die Frage, ob arsenhaltiges Gemüse, arsenhaltige Früchte oder arsenhaltiger Wein gesundheitlich schädigen können, soll hier auf die in der Literatur häufig errechneten Zahlen verwiesen werden, die bei den an Obst häufiger gefundenen Arsenmengen die Unmöglichkeit einer gesundheitlichen Schädigung beweisen sollen.[3]) Solchen Berechnungen kommt ein nur für den Einzelfall gültiger, im allgemeinen nur theoretischer Wert zu.

Die Forderung der Gesundheitsbehörden muß unbedingt beachtet werden, daß alle für den Menschen in Betracht kommenden Nahrungs- und Genußmittel in jeder Beziehung völlig einwandfrei sein und jede Möglichkeit einer Schädigung ausschließen müssen. Es sind in Deutschland vom Reichsgesundheitsamt und der Biologischen Reichsanstalt „Vorsichtsmaßregeln zur Verhütung von Unglücksfällen beim Gebrauch von arsenhaltigen Pflanzenschutzmitteln, insbesondere gegen Rebschädlinge"[4]) bekannt gegeben worden, die genau zu beachten sind, und es sind weiterhin gesetzliche Bestimmungen erlassen worden, die die Anwendung von Arsenverbindungen in bestimmten Kulturen völlig[5]) oder von einem bestimmten Zeitpunkt ab[6]) verbieten oder die den Arsengehalt der Spritzbrühen begrenzen.[7])

Da im Wein- und Obstbau die Verwendung von Arsenmitteln, solange nicht gleichwertige arsenfreie Mittel zur Verfügung stehen, unbedingt notwendig ist und auch im Erwerbsobstbau im größten Umfange durchgeführt wird, ist die Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch arsenhaltiges Obst oder durch Wein[8]) gegeben. Es liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor, die Angaben ent-

[1]) Thornton, F. N., The dangers of the locust campaign to the human beings. Quart. Bull. Hlth., Nr. **5** (Geneva), 1936, 158—159; Mouren, Th., Rapport présenté à l'Acad. de Médicine sur l'emploi des composées arsenicaux en Agriculture considéré au point de vue d'Hygiène publique. Bull. Acad. médic. Séance **5**, 1909, 17—57.

[2]) Dörle, M., und Ziegler, K., Schädigungen bei Rebschädlingsbekämpfung. Ztschr. f. klin. Medizin **112**, 1929, 237; Sy, M., zitiert Seite 396 Fußnote 5.

[3]) Zur Aufnahme der medizinischen Minimaldosis von 1 mg As sollen 25 Äpfel oder 50 Pflaumen oder 125 Kirschen gegessen werden müssen. Legt man nach Mercks Index als Minimaldosis 5 mg As zugrunde, so muß die 5fache Menge, also 125 Äpfel, 250 Pflaumen oder 625 Kirschen, gegessen werden.

[4]) Abgedruckt im „Nachr.-Bl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst" **14**, 1934, Nr. 9.

[5]) Verbot des Bleiarsenats im Weinbau durch Verordnung vom 29. März 1928, RGBl. I, 137 u. Amtl. Pflanzenschutzbestimmungen **2**, 1928, 5—6.

[6]) Verbot der Anwendung arsenhaltiger Spritzbrühen vom 1. August, arsenhaltiger Stäubemittel vom 1. Juli eines jeden Jahres durch Verordnung vom 20. Mai 1936 RGBl. I, 479 und Amtl. Pfl.-Best. **7**, 1936, 81.

[7]) Der Arsengehalt von Spritzbrühen darf 0,10% As nicht übersteigen, Verordnung vom 17. Juli 1934, RGBl. I, 712 u. Amtl. Pfl.-Best. **6**, 1934, 88.

[8]) Tropp, C., und Rausch, G., Über eine Massenarsenvergiftung nach Weingenuß an Bord. Dermatologische Wochenschrift **95**, 1932, 1023—1031, Lewin, L., s. S. 394, Fußnote 3.

halten über gefundenen Arsengehalt bei Obst und Wein[1]) und über die Möglichkeit der Vermeidung oder der Entfernung allzu hoher Arsenrückstände[2]) (mechanisch durch Bürsten und Wischtücher, chemisch durch Waschungen). Auch auf die zahlreichen Veröffentlichungen über die Arsengehaltsminderung beim Wein durch Gärung und durch Gärungszusätze sei hier nur hingewiesen.[3]) Die insbesondere in USA., in Südafrika und in Australien (Neuseeland) durchgeführten Waschungen des Obstes werden je nach der Art des Spritzbelages meist mit verdünnten und oft noch erwärmten Lösungen von Salzsäure und Natriumsilikat durchgeführt. Den Waschlösungen wurden versuchsweise auch Zusätze (Netzmittel usw.) zugegeben, und es wurden auch Untersuchungen über den Einfluß von Hilfsstoffen, die den Spritzbrühen zur Erhöhung der Haft- und Regenbeständigkeit zugefügt waren, auf die Abwaschbarkeit der Arsenrückstände durchgeführt[4]), um in jedem Falle die staatlich vorgeschriebenen Höchstarsenmengen unbedingt einzuhalten (z. B. für USA. 1935 für Arsen und Fluor: 0,01 grain $As_2O_3$, für Blei: 0,018 grain per pound Früchte — die Zahlen entsprechen 1,0 mg As, 2,4 mg Pb und 1,3 mg Fluor je kg Obst; in England: 1,429 mg $As_2O_3$ je kg Früchte). Auch die Frage, inwieweit die Waschlösungen fäulnis-

[1]) vgl. Zusammenstellungen von Martin, Stellwaag, Trappmann usw. zitiert S. 382; Morstatt, H., Arsenbefunde auf englischen und amerikanischen Äpfeln. Anz. f. Schädlingskunde **2**, 1926, 47; Hartzell, A., and Wilcoxon, F., Analysis of sprayed apples for lead and arsenic. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 125. Hengl, F., Reckendorfer, P., u. Beran, F., Untersuchungen über den Arsengehalt an Trauben und Most als Folge der Schädlingsbekämpfung. Wein und Rebe **11**, 1929, 3—7.

[2]) Ellet, W. B., and Miller, M. P., The removal of spray residue from apples. Ann. Rep. Virgin Polytechn. Inst. Agric. Exp. Stat. 1928 Blacksburg; Pettey, F. W., and Rose, C., Removal of spray residue. Farming of South Africa **3**, 1928, 835; Diehl, H. C., Fischer, D. F., Hartmann, H., Magness, J. R., and Robinson, R. H., Removal of spray residue from apples und peares in the Pacific North East. U. S. Dept. Circ. **59**, 1929, 1—19; Robinson, R. H., and Hatch, M. B., Spray residue information for the Orchardist and fruit packer. Stat. Bull. Ore. agric. Exp. Stat. **341**, Corvalis Ore., 1935; Hough, W. S., Spray residues and their removal from apples. Bull. **302**, Agric. exp. Stat. Blacksburg, 1936; Trappmann, W., Maßnahmen und Einrichtungen zur Entfernung des Spritzbelages an Obst. Nachr.-Bl. f. d. Dtsch. Pfl.-Dienst **11**, 1931, 42—44.

[3]) Schätzlein, Chr., Über den Gehalt von Rebblättern, Trauben, Most, Wein, Hefe, Trestern, Tresterwein und Hefewein an Arsen als Folge der Schädlingsbekämpfung. Der Weinbau der Rheinpfalz **10**, 1922, 186 und Der Dtsch. Weinbau **1**, 1922, 196; Dahmer, G., und Meyer, H., Untersuchungen über den Arsen- und Bleigehalt an Obst im Gefolge der Schädlingsbekämpfung. Geisenheimer Mitt. üb. Obst- und Gartenbau **43**, 1928, 3—8; v. d. Heide, K., und Hennig, Zusammensetzung von Trauben- und Apfelsüßmosten und ihr Gehalt an Arsen, Kupfer und Zink. Ztschr. f. Untersuchung der Lebensmittel **66**, 1933, 321—338; Sailer, E., Über die Entarsenierung von Traubensäften. Das Weinblatt. Allg. Dtsche. Weinfachzeitung, **35**, 1937, Heft 34; Boßelmann, H., u. Koch, A., Über das Schicksal des Arsens bei der Vergärung arsenhaltiger Obstsäfte. Ztschr. f. Untersuch. der Nahrungs- u. Genußmittel **46**, 1923, Heft 1; Vogt, E., Behandlung von Weinen mit Eisenoxyd, 16. Jahresber. d. Bad. Weinbau-Inst. Freiburg 1937, S. 42.

[4]) Carter, R. H., An investigation of solvents for the removal of lead arsenate residues from fruits. Journ. of econ. Entom. **27**, 1934, 848; Fluke, C. L., Dunn, E. P., and Ritcher, P. O., Silicates of Soda incorporated with lead arsenate in the last regular spray and aid to residue removal. Journ. econ. Enton. **28**, 1935, 1056—1058; Haller, M. H., Smith, E., and Ryall, A. L., Spray-residue removal from apples and other fruits. U. S. Dept. agric. Farmer's Bull. **1752**, 1935; Robinson, R. H., Spray residue on apples. Suppl. Solvents for its removal. — Industr. and Engin. Chem. **28**, 1936, 455—457.

erregende Pilzsporen auf die Früchte übertragen und damit eine weitere Schädigung des Obstes begünstigen, wurde in letzter Zeit berücksichtigt.[1])

In jedem Falle sind diese Waschungen, die besondere Geräte, eine besonders sorgfältige Behandlung der Früchte, eine Trocknung und häufig auch eine Paraffinierung des Obstes erforderlich machen, eine teure zusätzliche Maßnahme.

Bei Gemüse und bestimmten Feldfrüchten[2]) wird in den meisten Staaten von einer Anwendung der Arsenmittel abgesehen. Untersuchungen in USA. zeigten, daß mit Arsen bespritzter Kohl noch 30 Tage nach der Behandlung die zulässige Höchstgrenze überschritt.[3])

Dem Arsen kommt nicht nur als Magengift Beachtung zu, es wird auch — ähnlich der Kontaktwirkung bei Insekten (S. 390) — von der Haut resorbiert.[4]) Diese durch Resorption durch die Haut mögliche Giftwirkung muß besonders in Gegenden beachtet werden, in denen Wassermangel die Anwendung der Arsenspritzmittel unmöglich macht und zur ausschließlichen Verwendung von Arsenstäubemitteln zwingt und auch dem Arbeiter die notwendige Reinigung des Körpers und der Arbeitskleidung erschwert ist (S. 397).

### 5. Wirkung auf Nutztiere

In noch stärkerem Maße als der Mensch können Nutztiere (Weidevieh, Wild, Geflügel, Bienen) durch die zur Schädlingsbekämpfung verwendeten Arsenmittel gefährdet werden, indem sie arsenbehandelte Pflanzen und Pflanzenteile fressen oder von den Pflanzen oder vom Boden das verspritzte, verstäubte oder als Köder ausgelegte Arsen aufnehmen oder aber an Arsen eingegangene Schädlinge fressen.

Folgende Werte für die Dosis letalis bei den wichtigsten Haustieren finden sich in der Literatur[5]):

| | |
|---|---|
| für Rinder | 15—30 g As |
| für Pferde, Schafe, Ziegen | 10—15 g As |
| für Schweine | 0,5—1 g As |
| für Hunde | 0,5—0,1 g As |
| für Hühner | 0,1—0,15 g As |
| für Tauben | 0,05—0,1 g As |

[1]) Schnellhardt, O. F., & Heald, F. D., A study of the toxic action on gray- mold spores of cleaning solutions used in spray residue removal. Phytopathology **26**, 1936, 564—577; Baker, K. F., and Heald, F. D., Some problems concerning blue mold in relation to cleaning and packing of apples. Phytopathology **22**, 1932, 879—898.

[2]) Peeger, Untersuchungen von württembergischem Hopfen der Ernte 1933 auf Arsengehalt. Allg. Brauer- und Hopfenzeitung **74**, 1934, 369; Hampp, H., Woher kommt das Arsen und das Kupfer im Hopfen und welchen Einfluß haben sie auf den Brauprozeß und auf die Qualität des Bieres. Allg. Brauer- und Hopfenzeitung **73**, 1933, Nr. 195—196; Cottier, W., The use of insecticides in the control of the white butterfly. Wellington, New Zealand. Journ. Agric. **52**, 1936, 24—29.

[3]) Smith, C. E., Reid W. J., Harrison, P. K., and Bare, C. O., A study of arsenical dusting of cabbage in relation to poison residues. U. S. Dept. Agric. Circ. **411**, 1937.

[4]) In der Zahnheilkunde werden Arseneinlagen bei der Zahnbehandlung zum Abtöten der Nerven verwandt.

[5]) Fröhner, E., Lehrbuch der tierärztlichen Arzneimittellehre. Stuttgart 1889 (1919); Reeves, C. J., The arsenical poisoning of livestock. Journ. econ. Entom. **18**, 1925, 83; Willberg, M., Zur Frage nach der Resistenz verschiedener Tiere gegenüber Arsen. Biochem. Ztschr. 1913, 231—252.

Als therapeutische Dosen werden nach Raucourt[1]) für Pferde 2,2 g $As_2O_3$, bei Rindern 1,2 g $As_2O_3$ gegeben. Nach Chappelier und Raucourt[2]) ist Arsenvergiftung anzunehmen, wenn

| | | |
|---|---|---|
| bei Hasen und Kaninchen | im Muskel. . . . . . . . . . | 0,5—0,1 mg As |
| | in der Leber . . . . . . . . . | 1—4 mg As |
| bei Rebhuhn . . . . . | im Muskel. . . . . . . . . . | 0,5—0,1 mg As |
| | in der Leber . . . . . . . . . | 0,5—1,5 mg As |

je 100 g gefunden werden.

Es ist nicht gleichgültig, in welcher Form das Arsen aufgenommen wird: Nach G. Lander[3]) wirkten

| | | |
|---|---|---|
| bei einem Pferd . . . | 3—6 g | gelöstes $As_2O_3$ tödlich |
| | 44 g | festes $As_2O_3$ nicht tödlich |
| bei einem Hund . . . | 0,050 g | Kaliumarsenit tödlich |
| | 0,162 g | Natriumarsenit tödlich |
| | 17,5 g | grobes $As_2O_3$-Pulver nicht tödlich. |

Die Frage der Arsengewöhnung behandeln u. a. W. Hausmann und M. Cloetta[4]); nach Cloetta beruht die zunehmende Arsengewöhnung auf einer allmählich eintretenden Aufnahmeverweigerung durch den Darm. Im Kot geht nach eingetretener ,,Gewöhnung" mehr Arsen ,,unverdaut" ab. Die Arsengewöhnung gilt nur für Arsenpulver, weniger für Arsenlösungen; Arseninjektionen zeigen normale Empfindlichkeit der Tiere.

Die Gefährlichkeit des Bleis als chronisch wirkendes Magengift zeigte H. A. Kuhn[5]) an Hunden, die längere Zeit mit Bleiarsen gefüttert bereits vor Erreichung der für Arsen bekannten letalen Dosis eingingen.

Für kleine Nutztiere liegen auf Grund von Versuchen auch Zahlen über die Giftigkeit arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel vor. Nach Chapellier und Raucourt[6]) betragen die letalen Dosen je kg Körpergewicht für

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hauskaninchen: | Bleiarsenat . . . . . . . . | 200 mg des Mittels oder | 40 mg As |
| | Kalziumarsenat . . . . . | 85 mg ,, ,, ,, | 24 mg As |
| | Aluminiumarsenat . . . . | 70 mg ,, ,, ,, | 22 mg As |
| | Schweinfurtergrün . . . . | 30 mg ,, ,, ,, | 13 mg As |
| Rebhühner: | Bleiarsenat . . . . . . . . | 300 mg ,, ,, ,, | 60,6 mg As |
| | Kalziumarsenat . . . . . | 50 mg ,, ,, ,, | 13,8 mg As |
| | Schweinfurtergrün . . . . | 25 mg ,, ,, ,, | 10,6 mg As. |

Eine große Gefahr können arsenhaltige Pflanzenschutzmittel für Weidevieh und Wild bedeuten: durch Verfüttern von arsenhaltigem Heu[7])[8]) an Pferde,

---

[1]) Raucourt, M., Observations sur la toxicité des insecticides arsenicaux. Rev. Vég. **87**, 1935, 591—597.

[2]) Chappelier, A., et Raucourt, M., Les traitements insecticides arsenicaux sont-ils dangereux pour le gibier et pour les animaux de la ferme? — Ann. Epiph. Phytog. N. S. **2**, 1936, 191—239.

[3]) Lander, G., Vetarinary toxicology. London 1926.

[4]) Hausmann, W., Zur Kenntnis der Arsengewöhnung. Arch. f. d. ges. Physiolog. **113**, 1906, 327—340; Cloetta, M., Über die Ursache der Angewöhnung an Arsenik. Arch. f. exper. Pathologie und Pharmakologie **54**, 1906, 196—205.

[5]) Kuhn, H. A., The problem of arsenical residues: Importance of spray deposits from the standpoint of public health. 4. Int. Confer. Entom. Ithaca, 1928, II, 673—674.

[6]) s. Fußnote 2, s. a. Sy, M., zitiert Seite 396.

[7]) Krüger, K., und Schander, R., Vergiftungserscheinungen an Weidevieh nach der Verwendung von arsenhaltigen Stäubemitteln. Nachr.-Bl. f. d. Dtsch. Pfl.-Dienst **13**, 1933, 1—2; Lehmann, H., Luzerneschädlinge. Ztschr. f. Pfl.-Krankheiten **43**, 1933, 625—638 und **44**, 1934, 486—487; Krüger, K., Erwiderung auf den Artikel Luzerneschädlinge von Dr. H. Lehmann. Ztschr. f. Pfl.-Krankheiten **44**, 1934, 92—94, 150—151.

[8]) Frederick, H. J., Feeding value of alfalfa hay treated with calcium arsenate. Utah Agric. Exp. Stat. Bull. **223**, 1930, 8 S.

Rinder, Schafe und Ziegen durch zu frühzeitiges Austreiben auf arsenbehandelte Weideflächen, insbesondere auch in grasbestandene Obstgärten, in denen die Obstbäume mit Arsen und Kupfermitteln gespritzt wurden, und bei Forstbestäubungen[1]), bei denen aus Nachlässigkeit oder Unvorsichtigkeit an Start- und Ladeplätzen oder auf vom Wald eingeschlossenen Gras- und Weideflächen arsenhaltige Pflanzen von Weidevieh und Wild aufgenommen wurden, sind wiederholt Schäden und Verluste eingetreten.

In Südafrika haben die durch intensive Heuschreckenbekämpfung mit Arsenködern[2]), mehr vielleicht noch die durch Verwendung von Arsenlösungen zur Ungezieferbekämpfung am Vieh (Schädigung durch Hautresorption bei der Viehwäsche) entstandenen Verluste Versuche über die Giftempfindlichkeit verschiedener Haustiere gegen Arsenmittel veranlaßt.[3]) Bei den im allgemeinen hohen Werten, die als letale Arsendosen für Weidevieh bekannt sind, hat es sich gezeigt, daß bei Beachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln Verluste zu vermeiden sind.[4]) Die für eine Schädigung oder Tötung eines Nutztieres erforderlichen Mengen arsenhaltigen Futters, die sich aus dem Arsengehalt des Futters und der letalen Dosis für das Nutztier errechnen lassen, haben — im Gegensatz zu den für den Menschen (S. 395) errechneten Werten — hier praktische Bedeutung und entsprechen auch mehr der Wirklichkeit, da sie jederzeit durch Fütterungsversuche gestützt werden können und durch Versuche nachgeprüft wurden. Hasen sind weniger resistent als Kaninchen[5]), Hühnerwild (Rebhuhn, Wachtel) weniger als Haushuhn[6]), bei letzteren waren Kücken weniger arsenresistent als ausgewachsene Hühner[7]). Den schnellen Abtransport des Arsens aus dem Körper wies Green[8]) an Schafen nach (S. 396).

Die bei der Obstbaumspritzung auf die Unterkulturen (Gras) gebrachten Arsenmengen und ihre Beständigkeit gegenüber Witterungseinflüssen behandeln u. a. Raucourt[9]) und Beran[10]). Weitere Arsenanalysen an arsenbehandeltem Gras (bei der Heuschreckenbekämp-

---

[1]) Lorge, Bekämpfung des Eichenwicklers durch Bestäubung vom Flugzeug in der Preuß. Oberförsterei Haste. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen **59**, 1927, 168—178; Dankwortt, P. W., und Pfau, E., Massenvergiftungen von Tieren durch Arsenbestäubungen vom Flugzeug. Ztschr. f. angew. Chemie **39**, 1926, 1486—1487; Kolster, Bekämpfung des Kiefernspanners in der Oberförsterei Hersfeld-Ost vom Flugzeug aus. Ztschr. f. Jagd- und Forstwesen **59**, 1927, 237—251.

[2]) du Toit, P. I., and Steyn, D. G., The danger of the locust campaign to stock. Quarterl. Bull. Hlth., Geneva, Org. **5**, 1936, 159—160; Whitehead, F. E., The effect of arsenic as used in poisoning grashoppers upon birds. Bull. Oklahama Agric. Exp. Stat. **234**, 1934, 218.

[3]) Green, H. H., and Dijkman, C. D., Some experiments on the fate of arsenic in the animal body. 7. u. 8. Rep. of the Dir. Vet. Res. U. of Southafrica 1918, 689—698; Pollock, H. F., Arsenicals poisoning in the field. Vet. Journ. **85**, 1929, 372—377; Green, H. H., The fate of ingested and injected arsenic in sheep with special reference to treatment of heemonchosis. 5. u. 6. Rep. Dir. Vet. Res. U. of Southafrica 1918, 483—538.

[4]) Chapellier, A., et Raucourt, M., zit. S. 400; Feytaud, J., Sur les risques d'empoisonnement du gibier par les Insecticides. Rev. zool. Agric. **35**, 1936, 31; Frédérick, H. J., zit. S. 400.

[5]) Willberg, M., Zur Frage nach der Resistenz verschiedener Tiere gegenüber Arsen. Biochem. Ztschr. **51**, 1913, 231—252.

[6]) Chapellier, A., et Raucourt, M., zit. S. 400.

[7]) Thomas, E. F., and Shealy, A., Lead arsenate poisoning in chickens. Journ. of Agric. Res. **45**, 1932, 317—319.

[8]) Green, H. H., zit. S. 396.

[9]) Raucourt, M., Recherches chimiques sur les traitements arsenicaux des arbres fruitiers. Compt. Rend. hebd. des Séance. Acad. Agric. France **20**, 1934, 714—717.

[10]) Beran, F., Der Arsengehalt von Futtergras als Folge der Schädlingsbekämpfung. Anz. f. Schädlingskde. **10**, 1934, 43—47.

fung) führten Husband und Duguid[1]) durch, die frisch bespritztes Gras als schwere Gefahrenquelle (ein Ochse starb innerhalb 100 Stunden) für Weidevieh zeigen konnten. Als Zeit, die von der Anwendung der Arsenmittel bis zur Verfütterung des behandelten Grases bei Versuchen und Beobachtungen verstrichen war, bzw. nach Ansicht der Autoren verstreichen muß, wurden von Beran 5 Wochen, von Lehmann 3 Wochen, von Frédérick sogar 10 Tage angegeben. Da für die Feststellung dieser Frist die Witterungsverhältnisse (Regen), die Art der Pflanzen (rauhe oder glatte Blattoberfläche, Größe der Wachstumszunahme) und die Art der Arsenverbindungen und ihrer Zusätze (Haftmittel) von Bedeutung sind, ist eine bestimmte Vorschrift kaum zu geben; eine Frist von 5 Wochen dürfte in jedem Fall angebracht sein, außerdem sollte bei Verwendung von Schnittfutter die Mischung des arsenhaltigen Futters mit unbehandeltem empfohlen werden.

Schwieriger ist die Verhütung von Arsenschäden im Forst, da eine gleichmäßige Verstäubung leicht durch ungleichmäßiges Arbeiten der Stäubevorrichtung oder durch Klumpen des Pulvers erhalten wird, und das Wild eine bestimmte Zeit nach der Behandlung nicht von den behandelten Kulturen ausgeschlossen werden kann. Wenn auch die Beobachtung gemacht wurde, daß arsenbehandelte Pflanzen von Tieren oft gemieden werden, so ist man doch auf Grund der eingetretenen Schadfälle in der Forstverwaltung seit einigen Jahren sehr bemüht, die Forstschädlingsbekämpfung möglichst mit arsenfreien Mitteln durchzuführen.[2])

Im Forst sind in letzter Zeit an Wild, Bienen und Raupen Arsenschäden beobachtet worden, die durch Industrieabgase verursacht wurden.[3]) Die an Wild beobachteten Fälle sind für den Pflanzenschutzsachverständigen insofern wichtig, da sie ihm Krankheitsbilder einer chronischen Arsenvergiftung zeigen, wie sie bei der Schädlingsbekämpfung nicht beobachtet und nicht sehr wahrscheinlich sind; sie können aber warnend auf die Folgen einer ständigen Aufnahme subletaler Dosen aufmerksam machen.

Bei Hühnervögeln ist neben der Frage der Aufnahme vergifteter Pflanzen oder der ausgestreuten Arsenköder (z. B. zur Heuschrecken-, Tipula- und Erdraupenbekämpfung) noch der Gesichtspunkt zu beachten, in welchem Umfange Hühnervögel durch Fressen der an Arsen eingegangenen Schädlinge geschädigt werden können.

Die Arsenresistenz der Hühnervögel (Rebhuhn, Wachtel), insbesondere des Haushuhnes ist sehr hoch, so daß eine Gefährdung in Käfigversuchen[4]) nicht beobachtet wurde und auch im Freiland nicht zu befürchten ist. Haushuhn und Wachtel, die 24 Stunden gehungert hatten, fraßen mit 4% Arsenik versetzte Kleie ohne Gesundheitsstörungen[5]); die Vögel unterschieden zwischen vergifteten und unvergifteten Heuschrecken und bevorzugten letztere. Heuschrecken und Heuschreckenmehl schadeten nicht, wenn sie 120 mg $As_2O_3$ in 100 g ent-

---

[1]) Husband, A. D., and Duguid, J. F., The toxicity to grazing animals of grass sprayed with sodium arsenite. Rhod. Agric. Journ. **31**, 1935, 25—35.

[2]) Escherich, K., Los vom Arsen im Forstschutz. Der dtsch. Forstwirt **14**, 1932, 707—708.

[3]) Prell, H., Die Schädigung der Tierwelt durch Industrieabgase. Thar. Forstl. Jahrb. **87**, 1936, 189—238; ders., Vergiftung von Schmetterlingsraupen durch Flugstaubarsen. Thar. Forstl. Jahrb. **88**, 1937, Heft 2, 126—136; ders., Die Schädigung der Tierwelt durch die Fernwirkung von Industrieabgasen. Arch. f. Gewerbepathol. u. Gewerbehygiene **7**, 1937, 656—670.

[4]) Thomas, E. F., and Shealy, A., zit. S. 401.

[5]) Whitehead, F. E., The effect of arsenic as used in poisoning grashoppers upon birds. Bull. Oklahama Agric. Exp. Stat. 1934, Nr. 218; Feytaud, J. A., A propos des lachers des Cailles pour la lutte contre des insectes ravageurs. Rev. zool. agric. appliqu. **24**, 1925, 29—36.

hielten und bis zu 55 g in der Woche an 2-kg-Hühner lange Zeit verfüttert wurden.[1]) Störche verzehren in Südafrika in großen Mengen ohne jeden Schaden die an Arsen eingegangenen Heuschrecken. Nach Chappelier und Raucourt müßten Rebhühner (letale Dosis 50 mg Kalziumarsenat oder 25 mg Schweinfurtergrün oder 300 mg Bleiarsenat), die normal täglich 2—3 Dutzend Kartoffelkäfer fressen, in kürzester Zeit 350 dieser Schädlinge aufnehmen, um geschädigt zu werden[2]), von einer Taube (letale Dosis 50—100 mg $As_2O_3$) müßten 50000 bis 100000 Tipulalarven (gefundener Arsengehalt 0,001 mg $As_2O_3$) gefressen werden.

Auch für Singvögel wird in Kreisen des Vogel- und Naturschutzes eine Gefahr durch arsenhaltige Mittel befürchtet.

Abgesehen davon, daß Singvögel lebende Raupen vor toten Raupen bevorzugen[3]) und unter normalen Außenbedingungen letztere kaum aufnehmen, ist auch hier die z. B. in einer Spannerraupe gefundene Arsenmenge (0,1 $\gamma$ As) im Vergleich zur letalen Arsenmenge für einen Singvogel (2—5 mg As) so gering, daß 20000—50000 vergifteter Raupen gefressen werden müßten. Nachgewiesene Schädigungen der Singvögel durch arsenvergiftete Insekten sind daher auch niemals beobachtet worden.

Durch arsenhaltige Pflanzenschutzmittel werden auch Bienen bedroht.[4])

Die ersten sicher nachgewiesenen Schadmeldungen kamen aus dem Forst[5]), aber auch im Feldbau[6]) (z. B. bei Spargelkulturen und Rapsfeldern) hat es sich gezeigt, daß Arsenstäubemittel, die von den Bienen wie Blütenstaub gehöselt, in den Stock eingetragen und an die Brut verfüttert werden, schlagartig ganze Völker zum Absterben bringen können. Diese Schädigungsmöglichkeit ist sicher festgestellt; es ist daher Sorge zu tragen, daß die Verwendung von Arsenstäubemitteln in Kulturen, die von Bienen besucht werden und auf den Bienenbesuch wegen der Befruchtung angewiesen sind (Obst, Rapsschläge usw.), vermieden wird oder aber daß durch zeitweilige Entfernung der Bienenvölker aus der Gefahrenzone (mindestens 10 km, bei Forstbestäubungen durch Verordnung oft vorgeschrieben) in Zukunft Schäden verhütet werden.

Nicht so eindeutig ist die Frage der Möglichkeit einer Arsenschädigung der Bienen bei Spritzmitteln geklärt.[7]) Schäden können hier entstehen durch längeres Offenstehenlassen

[1]) Zyl, J. P. van, On the toxicity of arsenic to fowls. Ann. Rep. Dir. Vet. Ser. U. of Southafrica, 15. Rept. II, 1929, 1189—1202.

[2]) Chapellier, A., et Raucourt, M., zit. S. 400; Müller-Böhme, H., Ist die Anwendung arsenhaltiger Insektenmittel für Wild und Geflügel gefährlich? Ztschr. f. Pflanz.-Krankh. **46**, 1936, 439—442.

[3]) Whitehead, F. E., zit. S. 402; Trägardh, J., The economic possibility of aeroplan dusting against forest insects. Bull. Entom. Res. **26**, 1935, 487—495.

[4]) Himmer, A., Über die Einwirkung arsenhaltiger Stäubemittel auf die Bienen. Verh. dtsch. Ges. f. angew. Entom. 1934, 94—103; Hoskins, W. M. and Harrison, A. S., The buffering power of the content of the ventriculus of the honeybee and its effect upon the toxicity of arsenic. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 924—942; Kickhöffel, K. H., Pflanzenschutz und Bienenzucht. Verl. R. Poettkem, Anklam 1931 (Vortragsreihe d. Reichsausschusses für Bienenzucht).

[5]) Krieg, H., Massenvergiftung von Tieren durch Arsenbestäubung vom Flugzeug. Ztschr. f. angew. Chemie **40**, 1927, 201; Kolster, Lorge, Danckwortt und Pfau, zit. S. 401.

[6]) Geinitz, Bienenverluste durch Spargelschädlingsbekämpfung. Verh. dtsch. Ges. angew. Entom. 1934, 111—113.

[7]) Zander, E., Bienenzucht und Schädlingsbekämpfung. Anz. f. Schädlingskunde **13**, 1937, 28—31; Doane, R. W., Bees vs. spraying. Journ. econ. Entom. **16**, 1923, 527—531; Trappmann, W., Bienen und Arsenspritzungen. Leipziger Bienen-Ztg. **40**, 1925, 170—171; Speyer, W., Vermeidung von Nachteilen für die deutsche Bienenzucht bei der Bekämpfung der Obstbaumschädlinge. In: Bienenweide von A. Koch. Verl. Leipz. Bienen-Ztg. 1934; Eagland, J. S., Bee mortality in the orchard. The effect of arsenical sprays. Journ. Dept. Agric. Victoria **34**, 1936, 299—301; Loewel, E. L., und Lüttgau, W., Obstbaumspritzung und Bienensterben im Altländer Obstbaugebiet. Gartenbauwirtschaft **10**, 1936, 521—536; Hengl, F., Die Schädlingsbekämpfung mit Arsenmitteln und die Bienenzucht. Die Landwirtschaft, Wien, 1925, 77.

oder unachtsames Verschütten der Spritzbrühe, da die Bienen besonders im Frühjahr jede Flüssigkeitsansammlung gerne als Tränke benutzen. Weiterhin wird von den Pflanzenschutzstellen stets darauf hingewiesen, daß blühende Pflanzen (Obstbäume, Raps) nicht mit Arsenspritzmitteln behandelt werden dürfen, daß auch auf blühende Unkräuter Rücksicht zu nehmen ist und diese möglichst vor der Spritzung zu entfernen sind, und daß in nächster Nähe der Bienenstände die Spritzungen in die Tagesstunden zu verlegen sind, in denen die Bienen ihren Hauptflug noch nicht begonnen oder bereits beendet haben. Werden diese Vorsichtsmaßregeln nicht beachtet, so kann auch bei Arsenspritzmitteln Bienensterben auftreten. Es ist jedoch noch nicht beobachtet worden, daß Bienen die einmal angetrockneten Arsenspritzflecken durch Lecken wieder lösen und aufnehmen. Man kann zu der in der Fachliteratur oft behandelten Frage: „Obstbaumspritzungen und Bienen" der von Chapellier und Raucourt auf Grund der Erfahrungen in Frankreich geäußerten Meinung wohl beipflichten, daß „Arsenpsychose" und Reklamationen über irgendwie entstandene Verluste überall dort auftreten, wo die Arsenbehandlung gerade eingeführt wurde, daß aber der sichere Nachweis des Arsens als Ursache in den meisten Fällen nicht erbracht werden kann und daß die Klagen sofort verstummen, sobald ein solcher Nachweis durch chemische Untersuchung der eingegangenen Bienen gefordert wird.

Über die Arsenempfindlichkeit der Bienen stellten Hilgendorff und Borchert, Prell und Himmer eingehende Untersuchungen an[1]); letzterer gibt als Dosis letalis 0,2—0,3 $\gamma$ $As_2O_3$ (= 0,11—0,14 $\gamma$ As) an.

Mit der Möglichkeit einer Schädigung der Fische bei Anwendung arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel beschäftigte sich Bandt[2]). Er wies nach, daß für Forellen, für welche die letale Dosis bei 20—25 mg $As_2O_3$ je Liter Wasser liegen soll, sowie auch für andere Fische die Forstbestäubung mit Arsenmitteln auch bei Verwendung von 50—80 kg je Hektar keine Gefahr bedeutet. Trotzdem empfiehlt er fischreiche Gewässer bei der Bestäubung möglichst auszusparen.

### 6. Einwirkung des Arsens auf den Boden

Besonders in mehrjährigen Kulturen (Obst-, Wein- und Baumwollkulturen), die in jedem Jahre einer mehrfachen Arsenbehandlung unterworfen werden, drängt sich die Frage auf, inwieweit durch die ständige Zuführung so starker „Gifte" der Boden verändert und seine Fruchtbarkeit herabgesetzt wird und die Pflanzen selbst das Arsen, Kupfer oder Blei aufnehmen und sie damit für den Genuß unzuträglich werden.[3])

Als außerordentlich verbreitetes Element findet sich das Arsen in geringen Mengen in der gesamten Materie (S. 394), insbesondere auch im Boden. Ein Arsengehalt von 0,187 bis 0,60 mg As wird als normal angesehen, Böden mit 1 mg in 100 g Boden sind nicht ungewöhnlich. Bei Versuchen verglich Fellenberg[4]) einen normalen Boden mit 0,20—0,24 mg As mit einem durch Eisenerzablagerungen sehr arsenreichen Boden mit einem Höchstgehalt von 158 mg As je 100 g Boden, der unter einem Apfelbaum auch noch Werte von 9,3 und 15 mg As zeigte.

---

[1]) Hilgendorff, G., und Borchert, A., Über die Empfindlichkeit der Bienen gegen Arsenstäubemittel. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **6**, 1926, 37—38; Prell, H., Über die Dosis letalis minima des Arsens der Bienen. Anz. f. Schädlingskunde **10**, 1934, 30—31; Himmer, A., zit. S. 403.

[2]) Bandt, H. J., Leiden die Fische von der Arsenbestäubung. Nachrichtenbl. f. Naturdenkmalpflege **10**, 1932; ders., Über die Giftwirkung arsenhaltiger Bestäubungsmittel zur Bekämpfung von Forstschädlingen auf Fische. Dtsch. Forstztg. **47**, 1932, 158—162.

[3]) Gasow, H., Zur Bekämpfung der Schnakenlarven (*Tipula padulosa* u. *Tipula oleracea*) mit chemischen Mitteln. Landw. Jahrbücher, 77. Bd. 1933. S. 69—112 (Literatur!).

[4]) Zuccarini, zit. nach Schätzlein, siehe S. 405; Hengl, Reckendorfer und Beran, zit. S. 398; Truninger, E., Arsen als natürliches Bodengift in einem schweizerischen Kulturboden. Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1922, 1015; Fellenberg, zit. S. 394.

Dem Boden wird in Industriegebieten durch Rauchgase, in landwirtschaftlichen Bezirken durch Kunstdünger, die oft höheren Arsengehalt zeigen, ständig Arsen zugeführt. Es ist bekannt, daß Pflanzen auf Böden Metallsalze[1]), insbesondere Arsen[2]), jedoch auch Kupfer[3]) und Blei[4]), aufnehmen. Es ist auch bei Pflanzen beobachtet worden, daß durch die Aufnahme geringer Spuren von Arsen eine stimulierende Wirkung[5]), durch Aufnahme größerer Arsenmengen jedoch Schädigungen[6]) eintreten.

Gegenüber dem normalen Arsenvorkommen im Boden und der Arsenzuführung durch Industriegase sind die bei der Schädlingsbekämpfung in den Boden gelangenden Arsenmengen (nach Schätzlein 0,022 mg As je 100 g Boden jährlich) sehr gering.[7])

Die in den Boden gelangenden Arsenmengen werden außerdem durch zwei- und dreiwertige Elemente, insbesondere durch Eisen, in schwer lösliche Arsenverbindungen überführt. Auch Kalziumkarbonat, Ätzkalk, Kompost und Stallmist binden als kalkhaltige bzw. kolloidale Substanzen das Arsen weitgehend und entgiften dadurch den Boden.[8]) Es ist daher verständlich, daß berechnet wurde, wieviel hundert Jahre auch bei ständiger Anwendung arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel erst eine Arsenanreicherung im Boden ergeben würden, die das Wachstum beeinflußt. Trotzdem ist bei Anwendung der Arsenmittel die Möglichkeit einer Bodenvergiftung stets im Auge zu behalten, sind doch Fälle bekannt, in denen bei nicht sachgemäßer und übermäßiger Anwendung von Arsenmitteln Wachstumsstörungen beobachtet wurden. Front muß aber gegen jede Richtung gemacht werden, die in wissenschaftlichen Zeitschriften, mehr noch in populären Zeitschriften und Tageszeitungen auf die „Unmengen von Kupfer, Arsen und Blei" hinweisen, die alljährlich in die Böden gebracht werden, in die Pflanzen und damit auch in die Lebensmittel gelangen und dann schwere gesundheitliche Störungen und Krankheiten (wie Leberkrebs) verursachen. Meist enden diese Arsenpsychosen verursachenden Alarmrufe mit der Empfehlung selbsthergestellter Geheimpräparate.

### δ) Chemie der arsenhaltigen Pflanzenschutzmittel

Von den Arsenverbindungen kommen für die Schädlingsbekämpfung außer Arsentrioxyd vor allem die Natrium-, Kalzium-, Kupfer-, Bleisalze der arsenigen bzw. der Arsensäure in Betracht. Weniger wichtig waren bisher Eisen-, Zink-, Magnesium-, Mangan-, Barium- und Aluminiumarsensalze. In beschränktem Maße fanden Arsenwasserstoff und Arsensulfidverbindungen Verwendung. Eine Komplizierung der chemischen Zusammensetzung der Arsensalze ergibt sich infolge

---

[1]) Linstow, O., Die natürliche Anreicherung von Metallsalzen und anderen anorganischen Verbindungen in den Pflanzen. Verl. des Repertorium specierum navarium regni vegetabilis, Berlin-Dahlem, 1924, S. 65.

[2]) Albert, W. B., und Paden, W. B., Über Anreicherung des Bodens mit Arsen (ref. Reh). Anz. f. Schädlingskunde **7**, 1931, 93; Reeds, J. F., u. Sturgis, M. B., Giftigkeit von Arsenverbindungen bei Reis auf überschwemmten Böden. Journ. Amer. Soc. Agron. **28**, 1936, 432—436 (Chem. Zentralbl. 1936, II, 4040).

[3]) Prat, S. und Komarek, K., Sbornik Masarykory Akad. Prag **8**, 8, 1—16; Über Pflanzen mit besonders hohem Kupfergehalt kurze Mitt. in: Die Umschau Nr. 34 vom 23. 8. 1936.

[4]) Reckendorfer, P., Schädlingsbekämpfung und Bodenvergiftung. Fortschr. d. Landw. **7**, 1932, 437.

[5]) Scharrer, K. und Schropp, W., Über die Wirkung des Bleis auf das Pflanzenwachstum. Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde **43**, 1936, 34—43; Picado, C., L'arsénic, engrais catalytique. Compt. Rend. Soc. biol. **87**, 1922, 1338.

[6]) Vaudecaveye, S. C., u. a., Unproductiveness of certain orchard soil as related to lead arsenate spray accumulations. Soil Science **42**, 1936, 203; Craffts, A. S., The toxicity of sodium arsenite and sodium chlorate in four Californian soils. Hilgardia **9**, 1935, 461.

[7]) Schätzlein, Chr., Schädlingsbekämpfung mit Arsensalzen und Pflanzenwuchs. Anz. f. Schädlingskunde. **1**, 1925, 25; Hengl, Reckendorfer und Beran, zit. S. 398.

[8]) Süßenguth, A., Aus den Grenzgebieten der Medizin. Pflanzenernährung und Volksgesundheit. Dtsch. med. Wochenschrift **51** vom 22. 12. 1933.

der dreibasischen Natur der Arsensäure durch die Möglichkeit der Bildung von Primär-, Sekundär- und Tertiärsalzen.

Ausgangsstoff zur Herstellung sämtlicher Arsenmittel ist Arsenik $As_2O_3$.

Arsenik, Arsentrioxyd $As_2O_3$, das Anhydrid der arsenigen Säure, stellt nach dem Schmelzprozeß zuerst eine glasartige, später eine porzellanartige trübe Masse dar. Sublimierter Arsenik ist ein feines, unter dem Mikroskop charakteristische Oktaeder zeigendes Pulver. In Wasser von 15° ist es zu 1,7% löslich, reichlicher, wenn auch langsam in Alkali — unter Bildung der arsenigsauren Salze (Arsenite). Wichtigste Verwendung findet Arsenik als Köder (S. 385). Die technische Gewinnung des Arseniks geschieht durch Rösten schwefelhaltiger Arsenkiese in Flammenöfen und Auffangen des absublimierenden „Giftmehls" in 1000 m langen Kanälen („Giftfängen"). Durch Umsublimieren wird der rohe Arsenik gereinigt. Mit Laugen bereitet man daraus die Arsenite, durch Oxydation die Arsensäure und daraus die Arsenate.

Schweinfurtergrün, Pariser, Kaiser, Brixener, Englisch, Papageiengrün, in Deutschland unter verschiedenen Markennamen im Handel und vom Winzer auch als „Wurmgrün" bezeichnet, ist eine komplexe Doppelverbindung des Kupferazetats und Kupfermetaarsenits $Cu(CH_3CO_2)_2 \cdot 3\,Cu(AsO_2)_2$, nach A. Werner $\left[Cu\left(\begin{matrix}AsO_2\\AsO_2\end{matrix}Cu\right)_3\right](C_2H_3O_2)_2$.

Seine Herstellung erfolgt, indem man in wäßrigen Suspensionen bzw. Lösungen Kupferazetat, Arsenik und Essig oder aus Kupfersulfat und Natrium- und Kalziumazetat bereitetes Kupferazetat und Arsenik heiß aufeinander einwirken läßt. Auch stellt man zunächst aus Kupfervitriol und arsenigsaurem Natrium arsenigsaures Kupfer her und behandelt dieses mit heißer Essigsäure. Der Bildungsprozeß des Grün ist ziemlich verwickelt. Meist fällt dabei zunächst Scheeles Grün oder Schwedisches Grün, ein Kupferarsenit von wechselnder Zusammensetzung, oft $CuHAsO_3$ aus, das sich bei Einwirkung von Essigsäure wieder löst und in Schweinfurtergrün übergeht. Sofern die Lösung des Kupferarsenits nicht vollständig ist, was wohl oft der Fall ist, bildet sich Schweinfurtergrün mit einem uneinheitlichen lockeren Kern.

Schweinfurtergrün stellt ein aus mikroskopisch kleinen, kugelförmigen Kristallagregaten bestehendes grünes Pulver vor, das in Wasser so gut wie unlöslich ist, aber durch Hydrolyse einem langsamen Zerfall in neutrales und basisches Kupferazetat sowie Arsenik unterliegt. Reines Schweinfurtergrün enthält 58,6% $As_2O_3$, 31,4% CuO, 10,0% $C_4H_6O_3$.

Für die Bewertung der Schweinfurterpräparate ist neben ihrer chemischen Zusammensetzung ihre physikalische Beschaffenheit, besonders ihr Feinheitsgrad maßgebend. Die Präparate dürfen nicht zu fein sein, da sie bei allzu großer Feinkörnigkeit zu leicht unter Bildung löslicher pflanzengefährlicher Arsenverbindungen hydrolisiert werden. Andererseits sollen sie feinkörnig genug sein, um hinreichende Schwebefähigkeit in Brühen zu besitzen. Der Grad der Zersetzbarkeit der Präparate ist indessen nicht allein von ihrem Feinheitsgrad, sondern zum Teil auch von der Art ihrer Behandlung nach der eigentlichen Herstellung abhängig. Gemahlene Präparate sind besonders pflanzengefährlich, weil durch die Mahlung der nicht ganz einheitliche, mit Wasser leichter zersetzliche Kern der Teilchen freigelegt wird. Nach den Vorschriften des Deutschen Pflanzenschutzdienstes soll der Feinheitsgrad des Schweinfurtergrüns nicht unter 25° Chancel fallen, im übrigen aber niedrig gehalten sein. Wasserlösliche Arsenite sollen gemäß einer besonderen Methode (S. 591) nicht mehr gefunden werden, als 3,5% $As_2O_3$ entsprechen (Hydrolysenwert). In wässeriger Aufschwemmung sollen mindestens 95,0% ein 6400-Maschensieb durchlaufen. In dem Siebrückstand dürfen größere Partikel und Verunreinigungen, die Verstopfungen der Spritzgeräte verursachen können, nicht vorhanden sein. Bei der Analyse des Schweinfurtergrüns sollen mindestens 55,0% $As_2O_3$, mindestens 30,0% CuO, mindestens 10,0% Essigsäure = 8,5% $C_4H_6O_3$ und höchstens 1,0% Wasser gefunden werden.[1])

---

[1]) Hilgendorff, G., Über die Normung des Schweinfurtergrüns für den Pflanzenschutz. Ztschr. f. angew. Chemie **43**, 1930, 648—650 und Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 28—29.

Kupferkalzium- und Kupferbariumarsenite etwa der Formel

$$Ca\langle {}^{O}_{O} \rangle As—O—Cu—O—As\langle {}^{O}_{O} \rangle Ca,$$

also nicht lediglich Gemische einfacher Arsenite, sollen nach der Schering-Kahlbaum A. G. (D. R. P. 487561) im Gegensatz zu Schweinfurtergrün auch ohne Kalkzusatz von den Pflanzen vertragen werden.

Nach einem Patent der I. G. Farbenindustrie (D. R. P. 495139) sollen Arsenverbindungen aus o-Dioxybenzolen und $As_2O_3$ mit an das Hydroxyl gebundenem, dreiwertigem Arsen gute Fungizide geben.

Arsensulfide wie Realgar $As_2S_2$ und Auripigment $As_2S_3$ finden vereinzelt im Pflanzenschutz Anwendung. Die an sich ungiftigen Verbindungen gehen unter dem Einfluß der Atmosphärilien allmählich in Arsenit über; sie enthalten nicht selten von vornherein geringe Mengen Arsenit und sind deshalb als nicht vollständig harmlos anzusehen.

## Di- und Tribleiarsenat ($PbHAsO_4$ und $Pb_3(AsO_4)_2$).

Für die Darstellung beider Salze dienen hauptsächlich Bleiazetat, Bleinitrat, Bleioxyd und Dinatriumorthoarsenat ($Na_2HAsO_4$). Nach Mc Donall und Smith[1]) entsteht bei Zugabe von $Na_2HAsO_4$ zu überschüssigem Bleinitrat oder auch durch Zugabe von Bleinitrat zu überschüssigem $Na_2HAsO_4$ bei Konzentrationen von 0,4 Mol. PbO bzw. $As_2O_5$ im Liter ein etwa $PbHAsO_4$ nahekommender Niederschlag, bei Zugabe von Bleiazetat zu überschüssigem $Na_2HAsO_4$ ein $Pb_3(AsO_4)_2$ entsprechender Niederschlag. Die bei der Reaktion entstehenden Salze müssen durch Auswaschen des Niederschlages entfernt werden. Über die Herstellung von Bleiarsenat siehe auch Streeter und Thatcher[2]). Nach einem Patent der Soc. des Produits Chim. de la Loire entsteht Dibleiarsenat aus einer siedenden alkalisch gehaltenen Suspension von $PbSO_4$ in $Na_2HAsO_4$-Lösung. Okada[3]) gewinnt Bleiarsenat aus PbO und $As_2O_3$ unter Oxydation mit $HNO_3$ als Katalysator.

Dibleiarsenat, sekundäres Bleiarsenat, ist ein weißes, talkartiges, sehr feines Pulver. Sein spezifisches Gewicht wechselt zwischen 5,79—6,05. Es ist unlöslich in Wasser, unterliegt aber bei dauernder Einwirkung des Wassers langsam der Hydrolyse unter Bildung basischen Salzes und freier Arsensäure (Mc Donall und Graham)[4]). Alkalichloride, auch die in natürlichen Wässern vorhandenen, führen in Chlorarsenate und freie Arsensäure über. Die Bleiarsenate des Handels enthalten hauptsächlich Dibleiarsenat neben wechselnden Mengen Tribleiarsenat (tertiärem Bleiarsenat); ihr Bleigehalt liegt daher höher, ihr $As_2O_5$-Gehalt niedriger als die für $PbHAsO_4$ berechneten Mengen. Zur Kennzeichnung der Basität des Bleiarsenats ist ein Wert in Gebrauch, der sich aus dem Verhältnis Prozent $As_2O_5$ : PbO ergibt und der für reines Dibleiarsenat 0,515, für neutrales Bleiarsenat 0,344 beträgt. Der Quotient 0,472 zeigt z. B. unter der wahrscheinlich nicht ganz zutreffenden Voraussetzung, daß der Überschuß von PbO in Bleiarsenaten lediglich auf Rechnung neutralen und nichtbasischen Salzes zu setzen ist, ein Gemisch von 75% Dibleiarsenat und 25% Tribleiarsenat an.

Die Handelspräparate enthalten oft geringe Mengen Netz- und Haftmittel wie Leim, Melasse, Sulfitablauge, die bereits während der Fällung des Arsenats zugegeben werden. Präparate mit Zusätzen sollen in Aufschwemmungen kleine einheitliche Teilchen, Präparate ohne Zusätze in Gruppen angeordnete, uneinheitliche, gröbere Teilchen zeigen. Bleiarsenat wird auch in Form von Pasten gehandelt, die mit Hilfe von Beistoffen so hergestellt sein müssen, daß sich in ihnen das Bleiarsenat beim Lagern nicht allzu fest absetzt. Nach amtlichen

---

[1]) Mc Donall, C. C., und Smith, C. M., (Die Arsenate des Bleis.) Journ. Am. Chem. Soc. **38** 1916, 2034, 2366; **39**, 1917, 937; Ref. Chem. Ztrbl. 1917, II 2, 593.

[2]) Streeter L. R., und Thatcher, R. W., (Herstellung von basischem Bleiarseniat bestimmter Zusammensetzung.) Ind. and Eng. Chem. **16**, 1924, 941—942; Ref. Chem. Ztrbl. 1924, II, 2577.

[3]) Okada, N., Verfahren zur Herstellung von Bleiarsenat. Jap. P. 101 694; Ref. Chem. Ztrbl. 1933, II, 3470.

[4]) Mc Donall, C. C., und Graham, J. J. T., (Die Zersetzung von Dibleiarsenat durch Wasser.) Journ. Am. Chem. Soc. **39**, 1917. 1912; Ref. Chem. Ztrbl. 1918, I 1, 331.

deutschen Bestimmungen sollen die Bleiarsenpräparate einen zwischen den Quotienten 0,481 und 0,447 liegenden Wert aufweisen, d. h. das in ihnen enthaltene Bleiarsenat kann zwischen 60—80% Dibleiarsenat und 20—40% Tribleiarsenat enthalten. Die Wasserlöslichkeit des Bleiarsenates soll 0,5% $As_2O_5$ bezogen auf Bleiarsenat nicht übersteigen. Der $As_2O_5$-Gehalt des zur Herstellung der Präparate benutzten Bleiarsenates soll mindestens 30% betragen, der Gehalt der fertigen Präparate kann je nach der Menge der beigegebenen Füllstoffe bis 25% $As_2O_5$ sinken. An Blei gebundenes Chlor dürfen die Bleiarsenate nur in geringer Menge aufweisen.

Bleiarsenpasten sollen mindestens 50% Bleiarsenat vorstehender Beschaffenheit enthalten. Nach amerikanischen Bestimmungen müssen Bleiarsenate mindestens 30% $As_2O_5$, mindestens 60% PbO, nicht mehr als 0,5% wasserlösliches $As_2O_5$ und nicht mehr als 0,1% wasserlösliches $As_2O_3$ enthalten. Englische Normen schreiben einen Mindestgehalt von 31% $As_2O_5$ und 63% PbO, einen Höchstgehalt von 0,5 wasserlöslichem $As_2O_5$ vor. Pulver, die Netzmittel enthalten, brauchen diese Vorschriften nicht zu erfüllen. Für solche Präparate muß der Hersteller aber die drei Kennzahlen angeben. Pasten dürfen nach amerikanischen Gesetzen höchstens 50% Wasser, mindestens 12,5% $As_2O_5$ und nicht mehr als 0,75% wasserlösliches $As_2O_5$ enthalten. Die holländischen Bedingungen verlangen außer den amerikanischen Werten Abwesenheit von Eisen, weniger als 8% Wasser, nicht über 0,5% „Säuregrad" und ein Schüttegewicht von höchstens 0,5. In England müssen die Pasten hauptsächlich aus Dibleiarsenat und Wasser bestehen, mindestens 14% $As_2O_4$ und mindestens 28,4% PbO enthalten. Ihre Azidität darf die festgelegte Grenze nicht überschreiten, der Gehalt an wasserlöslichem $As_2O_5$ nicht höher als 0,5% des Trockengehaltes sein. Handelsüblich sind Pasten mit 15% oder 20% $As_2O_5$.[1])

P. A. van der Meulen und E. R. van Leeuwen[2]) sowie Goodwin und Martin[3]) klärten die zwischen saurem Bleiarsenat und Kalkhydrat sich abspielenden, chemischen Vorgänge auf. Nach van der Meulen und van Leeuwen durchwandert das Bleiarsenat im Laufe der Reaktion sehr langsam verschiedene Stadien der Basizität. Die Endreaktion entspricht der Formel: $3\,PbHAsO_4 + 5\,Ca(OH)_2 = Ca_5(AsO_4)_3OH + 3\,Pb(OH)_2 + 3\,H_2O$. Das Kalziumarsenat schädigt so lange nicht, bis die Kohlensäure der Luft das letzte $Ca(OH)_2$ fortgenommen hat und die Bildung sauren Kalziumarsenates beginnen kann. Neuerdings empfiehlt Ginsburg[4]) statt Kalk in Bleiarsenatbrühen Eisenhydroxyd als brauchbares Haft- und Arsenschäden verhinderndes Mittel. Als Zusätze , die die Suspensions- und Haftfähigkeit der Bleiarsenatbrühen erhöhen und damit auch die Wirksamkeit des Mittels wesentlich steigern sollen sowie daneben auch zweifellos die unerwünschte Einwirkung der atmosphärischen Kohlensäure auf den Spritzbelag infolge Einschließung der Arsenatteilchen herabsetzen, werden außer den bereits erwähnten Beistoffen Leim, Melasse, Sulfitablauge vielfach auch Gelatine, Fischöl, Leinsamenöl, Mineralöl von etwa 65—75 Sek. Saybolt (1% und weniger) und Bleiseife genannt. Melasse soll die sonst fraßabschreckende Eigenschaft des Bleiarsenates zum Teil aufheben; Zucker ist in Rücksicht auf Bienen nicht empfehlenswert. Fraßabschreckende Wirkung soll auch der Bleiseife (Bleioleat) zukommen (van Leeuwen und van der Meulen).[5]) Zusätze von Seifen werden im allgemeinen wegen ihrer arsenlösenden Eigenschaften vermieden. Allerdings sollen Verbrennungen mit Bleiarsenatseifenbrühen nach Pinkney[6]) bei Verwendung von Seife aus reiner Ölsäure nicht zu befürchten sein, weil ölsaures Natrium 2—7mal weniger Arsen als stearinsaures Natrium löst. Newcomer

---

[1]) Normung von Schädlingsbekämpfungsmitteln in England. Pflanzenschutz u. Schädlingsbek. **1**, 1934, 147.

[2]) Van der Meulen, P. A., und van Leeuwen, E. R., (Eine Untersuchung von Bleiarsenat- und Kalkspritzmischungen.) Journ. Agr. Res. **35**, 1927, 313.

[3]) Goodwin, W. and Martin, H., Bordeaux mixture in combination with Arsenical sprays. Journ. Agr. Science **18**, 1928, 460.

[4]) Ginsburg, J. M., Studies of Arsenical injuries and correctives. New Jersey Stat. Bull. **468**, 1929, 16; Journ. econ. Ent. **24**, 1931, 695.

[5]) van Leeuwen, E. R., and van der Meulen, P. A., Coated Arsenate of Lead. Journ. Econ. Entom. **18**, 1925, 744.

[6]) Pinkney, R. M., Action of Soap upon Lead Arsenates. Journ. Agr. Res. **24**, 1923, 87.

und Yothers[1]) raten außer von Seife auch von Leim und Kleister als Haftmittel für Bleiarsenatbrühen ab.

Die Verwendbarkeit von Dibleiarsenat mit Schwefelkalkbrühe wird teilweise anerkannt, teilweise bestritten. Zweifellos treten in der Brühe unerwünschte chemische Reaktionen ein, die zur Bildung von Bleisulfid, freiem Schwefel, Kalziumarsenat, Kalziumthioarsenat, teilweise pflanzengefährlichen, wasserlöslichen Arsensalzen, führen und die nach amerikanischen Untersuchungen ziemlich weitgehend sind. Die Reaktionen treten allmählich ein und sind hauptsächlich erst nach 19—24 Stunden beendet. Dabei sollen nach F. C. Cook und N. E. Mc Indoo[2]) 5,2%, nach R. H. Robinson[3]) 12,9% der vorhandenen Arsenmenge in Lösung gehen. Damit stimmen auch Untersuchungen von R. E. Andrew und P. Garman[4]) überein. W. Goodwin und H. Martin[5]) halten die Reaktionen und ihren Einfluß auf die chemischen Eigenschaften der Stoffe für nicht so bedeutend. Nach diesen Autoren bewirkt vorwiegend der durch Hydrolyse der Kalziumsulfide entstehende Schwefelwasserstoff die Veränderungen, die namentlich unter Mitwirkung von Kohlensäure immerhin auch zu unerwünschten Mengen wasserlöslicher Arsensalze führen können. Diese Tatsachen haben indessen die vielseitige Verwendung der Mischbrühe nicht beeinträchtigen können. Man muß daraus schließen, daß die Brühe im allgemeinen keine beträchtliche Gefahr für Pflanzen bietet, und daß auch unter besonderen Verhältnissen, so bei feuchtwarmer Witterung und empfindlichen Pflanzenarten ernstere Schädigungen selten sind. Die Frage nach der Verminderung des insektiziden und fungiziden Wertes der Schwefelkalkbrühe in Verbindung mit Bleiarsenat infolge der genannten Reaktionen wird verschieden beantwortet; nach Goodwin und Martin ist sie gering, nach anderen beträchtlich (R. L. Miller).[6]) Gesteigerte fungizide Eigenschaften sollen der Brühe nach W. Goodwin, H. Martin und E. S. Salmon[7]) infolge Bildung von Kalziumthioarsenaten zukommen. Zur Vermeidung der unerwünschten chemischen Umsetzung wird empfohlen, der Brühe Kaseinkalk oder abgerahmte Milch mit Kalkhydrat oder Kalkhydrat zuzugeben (R. W. Thatcher und L. R. Streeter).[8]) Der Kalk soll praktisch frei von kohlensaurem Kalk sein, da dieser, sobald er sich unter Mitwirkung der Kohlensäure löst, das Inlösunggehen von Arsensalz begünstigt. Nach W. Goodwin und H. Martin[9]) soll Kasein die Bildung löslicher Arsensalze fördern. Die Verwendung von neutralem Bleiarsenat in Mischung mit Schwefelkalkbrühe gibt zwar größere Sicherheit, ist aber im Hinblick auf seine geringe insektizide Wirksamkeit im allgemeinen nicht ratsam.

Dibleiarsenat läßt sich ferner mit Kupferkalk- und Nikotinbrühen verwenden. Auch Nikotinsulfat soll mit Bleiarsenat in Brühen verträglich sein und in Bleiarsenat-Schwefelkalkbrühen sogar das Inlösunggehen von Arsensalz verhindern können (R. E. Andrew und P. Garman).[10])

[1]) Newcomer E. J., and Yothers, M. A., Experiments wirth Insecticides for Codling-moth Control. U. S. Dept. Agr. Techn. Bull. **281**, 1932, 29.

[2]) Cook, F. C., and Mc Indoo, N. E., Chemical, physical, and insecticidal properties of Arsenicals. U. S. Dept. Agr. Bull. **1147**, 1923.

[3]) Robinson, R. H., The Beneficial Action of Lime in Lime sulfur and Lead Arsenate Combination Spray. Journ. Econ. Entom. **12**, 1919, 429.

[4]) Andrew, R. E., and Garman, P., A Chemical Investigation of some Standard spray Mixtures. Connect. Agr. Exp. Stat. 278, 1926.

[5]) Goodwin, W., and Martin, H., An Investigation of the Chemical Changes taking place in the Mixed-Lime sulphur-Lead arsenate Spray. Journ. Agr. Science **15**, 1925, 307.

[6]) Miller, R. L., Manganese Arsenate as a Control for the Codling moth. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 340.

[7]) Goodwin, W., Martin, H., und Salmon, E. S., Die fungiziden Eigenschaften gewisser Spritzmittel. Journ. Agr. Science **19**, 1929, 405; Ref. Chem. Ztrbl. 1929, IV, 2094.

[8]) Thatcher. R. W., and Streeter, L. R., Chemical Studies of the combined Lead Arsenate and Lime-sulfur Spray. New York Agr. Exp. Stat. 521, 1924; Robinson, R. H., The Beneficial Action of Lime in Lime sulfur and Lead Arsenate Combination Spray. Journ. Econ. Entom. **12**, 1919, 433.

[9]) Goodwin, W., and Martin, H., The Chemical Effect of the Addition of a "Spreader" to the Mixed Lime sulphur-Lead arsenate Spray. Journ. Agr. Sci. **15**, 1925, 477.

[10]) Andrew, R. E., and Garman, P., A Chemical Investigation of some Standard Spray Mixtures. Connecticut Agr. Exp. Stat. 278, 1926.

Immerhin ist mit der sauren Komponente im Nikotinsulfat ein arsenlösender Stoff in Mischbrühen mehr zugegen, der bei Verwendung von freiem Nikotin fehlt. In Mineralöl-Bleiarsenatbrühen geht nach R. H. Robinson[1]) viel Arsen in Lösung. Dies läßt sich durch Zugabe von $Ca(OH)_2$ verhindern. Mit Kryolith, Na-, K-, Ca-, Ba-Silikofluoriden ist Bleiarsenat (im Gegensatz zu Ca-, Mg-, Al-, Mn-Arsenaten) ohne Lösung wesentlicher Arsenmengen mischbar in Verdünnungen mit Wasser zu verwenden (R. H. Carter).[2])

Als bleiarsenathaltige Stäubemittel kommen Mischungen mit Schwefel, ohne oder mit Nikotin, mit Gips, mit Kalkhydrat und mit wasserarmem Kupfersulfat in Frage.

Zur Erhöhung der Haftfähigkeit für Bleiarsenatstäubemittel wird Überziehen des Bleiarsenats mit 2% kolloidalem Eisenoxyd empfohlen. 20% mechanisch beigemengtes Eisenoxyd hatte nicht den gleichen Erfolg (J. M. Ginsburg).[3]) Mischungen von Bleiarsenat mit ,,Dry mix Sulphur Lime" werden für pflanzengefährlich gehalten. Mischungen von Bleiarsen und Kalkhydrat sollen wenig Haftvermögen besitzen (D. F. Barnes und S. F. Potts).[4]) In Bleiarsenat-Schwefelkalkpräparaten kommt es beim Lagern zur Bildung von CaS und weiter von PbS und pflanzengefährlichem $CaHAsO_4$. Die Reaktion ist mit einer Dunkelfärbung der Mischungen, nicht aber mit einer Abnahme der insektiziden Wirkung verbunden (H. S. Swingle).[5])

Kalziumarsenate. Der dreibasischen Natur der Arsensäure ($H_3AsO_4$) entsprechend sind drei Salze $CaH_4(AsO_4)_2 \cdot H_2O$, $CaHAsO_4 \cdot H_2O$ und das Neutralsalz $Ca_3(AsO_4)_2 \cdot 3\,H_2O$ bekannt. Daneben gibt es alkalische Salze wie $Ca_5(AsO_4)_3OH$ und $6\,CaO \cdot As_2O_5 \cdot 6\,H_2O$. Den Handelspräparaten liegt mit gewissen Einschränkungen das Neutralsalz zugrunde. Seine Darstellung erfolgt auf verschiedenem Wege.

Nach J. K. Haywood[6]) werden 20,4 kg Kalziumoxyd oder 22,4 kg hochgrädiger Kalk mit 81 l Wasser zu vollkommen einheitlicher feiner Kalkmilch gelöscht und nach Zugabe von weiteren 162 l heißem Wasser 205 l einer 20,4 kg $As_2O_5$ enthaltenden Arsensäurelösung so schnell wie möglich unter lebhaftem Umrühren hinzugefügt. Die Flüssigkeit muß mit Phenolphthalein alkalisch reagieren. Der Niederschlag wird so trocken wie möglich von der Mutterlauge getrennt und nach weiterer Waschung schwach getrocknet. J. H. Reedy und I. L. Haag[7]) empfehlen für diese Herstellungsweise Vornahme der Fällung bei höherer Temperatur und Vermeidung des Rührens während der Abkühlung des Ansatzes, außerdem Verwendung möglichst reinen Materials, weil der für die Pflanzen gefährliche Zerfall des Kalziumarsenats durch katalytische Wirkung von Verunreinigungen stark beschleunigt wird. R. H. Robinson[8]) hält folgendes Herstellungsverfahren gemäß der Gleichung

$$3CaCl_2 + 2Na_3AsO_4 = Ca_3(AsO_4)_2 + 6NaCl$$

für das geeignetste. Man bereitet Natriumhydroarsenat- ($Na_2HAsO_4$-) und Kalziumchloridlösungen, gibt zur ersten Natronlauge zwecks vollständiger Überführung des sauren Salzes

[1]) Robinson, R. H., Water-soluble Arsenic in Oil Emulsion—Lead Arsenate Combination Sprays. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 995.

[2]) Carter, R. H., Compatibilities of Insecticides. I. Fluosilicates and Cryolite with Arsenates. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 814.

[3]) Ginsburg, J. M., Investigations of Dusts, Spreaders, Stickers and Diluents for Spraying and dusting Mixtures. New Jersey Stat. Rpt., 1926—1927, 127.

[4]) Barnes, D. F., and Potts, S. F., Adherence of some insecticidal Dust Materials to growing and mature Foliage. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 957.

[5]) Swingle, H. S., Chemical Changes in Dusting Mixtures of Sulphur, Lead Arsenate and Lime during Storage. Journ. Agr. Res. **36**, 1928, 183.

[6]) Haywood, J. K., A Method for Preparing a Commercial grade of Calcium Arsenate. U. S. Dept. Agr. Bull. **750**, 1918, 10.

[7]) Reedy, J. H., und Haag, I. L., (Die Darstellung der Unbeständigkeit von Trikalziumarsenat.) Ind. and Engin. Chem. **13**, 1921, 1038; Ref. Chem. Ztrbl. 1922, II, 691.

[8]) Robinson, R. H., The Calcium Arsenates. Journ. agric. Res. **13**, 1918, 284.

in neutrales Natriumarsenat und zur zweiten Lösung Natronlauge bis zur schwach alkalischen Reaktion, so daß noch kein Kalkhydrat ausfällt. Nach Filtration gießt man die Chloridlösung zur Arsensalzlösung. Es entsteht ein schwerer, aber voluminöser Niederschlag, der abzentrifugiert, zunächst mit kaltem, dann mit heißem Wasser chloridfrei gewaschen und sodann bei 100° getrocknet wird. Das gewonnene Salz soll der Formel $Ca_3(AsO_4)_2 \cdot 2H_2O$ und nach dem Trocknen bei 175° der Formel $Ca_3AsO_4$ entsprechen. Nach W. Goodwin und H. Martin[1]) sind die bei dem Robinsonschen Verfahren entstehenden Salze uneinheitlich und vorwiegend basischer Natur. G. Fester und F. Bertuzzi[2]) stellen Ca-Arsenate aus Arsenik und Hypochlorit her, trennen aber Oxydation und Fällung in zwei Arbeitsgänge, wodurch sich leichter Ca-Arsenate bestimmter Zusammensetzung erhalten lassen. Man kann Kalziumarsenat auch durch Behandeln von $CaCO_3$ und $As_2O_3$ in berechneten Mengen mit überschüssiger Salpetersäure und Glühen der Reaktionsmasse oder noch einfacher durch Glühen von Kalk und Arsenik herstellen. Diese sogenannten Ofenkalke sind gegen chemische Einflüsse besonders widerstandsfähig, ein Umstand, der bei diesen Präparaten die Gefahr der Blattbeschädigungen aber damit auch den Grad der insektiziden Wirksamkeit stark herabsetzt.

Reines neutrales Kalziumarsenat stellt ein weißes, lockeres Pulver vor vom spez. Gew. 3,31 und der Löslichkeit von 0,013% in Wasser (Robinson). Es enthält wasserfrei 57,8% $As_2O$ und 42,2% CaO.

Die Herstellung des Kalziumarsenats erfolgt in den einzelnen Betrieben recht verschieden und verbürgt durchaus nicht immer die Gewinnung lediglich neutralen Salzes. Mehr oder weniger basische, saure Salze, Kalziumoxyd, Kalziumkarbonat, auch Magnesiumsalze werden stets zugegen sein. Anscheinend bemüht man sich im Hinblick auf die pflanzengefährlichen Eigenschaften saurer Arsensalze, dem Kalziumarsenat schon bei der Herstellung von vornherein einen mehr basischen Charakter zu geben. Allerdings ist diese Regel keineswegs allgemein anerkannt. Nach welcher gegensätzlichen Richtung man zuweilen arbeitet, geht aus einem ausländischen Patent hervor, nach dem ein besonders wirksames Kalziumarsenat dadurch hergestellt werden kann, daß neutrales Kalziumarsenat mit Schwefelsäure bis zur Entbindung der Arsensäure versetzt und darauf wieder bei niedriger Temperatur mit Kalk vermischt wird. Ein solches Präparat stellt offenbar ein Gemisch von Mono-, Di- und Trikalziumarsenat mit Gips und Kalk vor.

Kalziumarsenat neigt leichter als Bleiarsenat, namentlich unter Mitwirkung höherer Temperatur und großer Feuchtigkeit, unter dem Einfluß atmosphärischer Kohlensäure nach der Gleichung

$$Ca_3(AsO_4)_2 + CO_2 + H_2O = 2CaHAsO_4 + CaCO_3$$

zur Bildung pflanzengefährlicher Verbindungen. Der Grund für die schädliche Wirkung des entstehenden sauren Salzes liegt in seiner größeren Wasserlöslichkeit, die 0,311% $As_2O_5$ im Gegensatz zu 0,013% beim Neutralsalz beträgt. Die Veränderung des Neutralsalzes tritt erst ein, wenn der dem Mittel gewöhnlich beigegebene Kalk vollständig in Karbonat übergeführt worden ist. Wie weit sich besonders lösliches saures Kalziumkarbonat an den unerwünschten chemischen Umsetzungen möglicherweise unter Bildung des noch löslicheren primären Arsensalzes $CaH_4(AsO_4)_2$ beteiligen kann, blieb bisher noch ungeklärt.

Die als Stäubemittel angewandten Kalziumarsenatpräparate enthalten neben 15—35% $Ca_3(AsO_4)_2$ Streckmittel verschiedenster Art, z. B. Kalk, Talkum, Bolus, Schlemmkreide, Porzellanerde. Teilweise handelt es sich lediglich um Mischungen, teilweise um Präparate, bei denen nach besonderen Verfahren das Arsenat auf Trägerstoffe fest niedergeschlagen ist, so daß eine Entmischung der Bestandteile nicht möglich ist (Unentmischbarkeit S. 569). Darüber hinaus unterliegen die Präparate meistens zu ihrer weiteren Vervollkommnung noch besonderen von den Firmen geheim gehaltenen Behandlungen mit weiteren Stoffen verschiedenster Art. Arsenstäubemittel sollen ausreichende Verstäubbarkeit, Haftfähigkeit, Regenbeständigkeit, Windbeständigkeit und Unentmischbarkeit aufweisen. Über die Grenzen dieser Begriffe vergleiche das Kapitel „Die physikalischen Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel", S. 563.

---

[1]) Goodwin, W., and Martin, H., The Lime sulphur-Calcium arsenate Spray. Journ. Agric. Sci. **16**, 1926, 596.

[2]) Fester, G., und Bertuzzi, F., Kalziumarsenat. Angew. Chem. **46**, 1933, 477.

Verschiedene Handelspräparate des Kalziumarsenats zum Stäuben, teilweise mit Kupfergehalt zur gleichzeitigen Bekämpfung pilzlicher Krankheiten, sind im Merkblatt 8/9 der Biologischen Reichsanstalt aufgezählt.

In USA. bereitet man sich in der landwirtschaftlichen Praxis Arsenstäubemittel vielfach selbst und bedient sich dabei wie auch für Spritzflüssigkeiten des sogenannten 40%-Kalziumarsenats mit folgenden Eigenschaften: weißes Pulver, frei von klumpigen und kiesigen Bestandteilen, Gehalt an Arsen nicht unter 40% $As_2O_5$, Gehalt an wasserlöslichen Arsenverbindungen nicht über 0,75% $As_2O_5$, Gehalt an in Salzsäure unlöslichen Bestandteilen weniger als 1%, Gehalt an Wasser höchstens 1%, Density 80—100 cbc inch je pound (0,28—0,35 Schüttegewicht). Ähnliche, lediglich für Spritzbrühen dienende Präparate sind auch in Deutschland im Handel und finden sich im Merkblatt 89 der B. R. A. Obige USA.-Vorschriften gewährleisten noch keineswegs genügende Gleichmäßigkeit der Handelspräparate. Von der Festlegung ähnlicher Bedingungen hat man in Deutschland bisher abgesehen, weil die Ansichten der Firmen über Herstellung und Beschaffenheit eines brauchbaren Kalziumarsenats zu weit auseinandergehen.

In USA. benutzt man zum Stäuben Mischungen von Kalziumarsenat mit Kalkhydrat 1 : 1 bis 1 : 9, z. B. 1 : 8,5 lbs je acre, gegen Kartoffelkäfer (R. A. Cooley)[1]; mit Gips 1 : 15; mit Talk 1 : 2 und 1 : 4; mit Schwefel 1 : 1 und 1 : 2; mit Kalziumsilikofluorid 1 : 2 und 1 : 4; ferner dreiteilige Mischungen mit den genannten Stoffen sowie mit entwässertem Kupfersulfat, Nikotinsulfat u. a. Mischungen mit Talk sollen besseres Haftvermögen zeigen als solche mit Kalkhydrat. Von Fluorverbindungen ist nach R. H. Carter[2]) nur Kryolith einwandfrei zur Mischung mit Kalziumarsenat geeignet, nicht dagegen die Silikofluoride.

Spritzbrühen mit 40% Kalziumarsenat benutzt man in USA., 0,16—0,8proz. mit und ohne Haftmittel (Fischöl etwa 0,5% in Brühen, Kalziumkaseinat). 0,4proz. Suspensionen werden gegen den Koloradokäfer empfohlen[3]). Größere Bedeutung haben die Präparate für Spritzflüssigkeiten als Zugabestoffe zur Kupferkalk- und Schwefelkalkbrühe gewonnen. Zur Vermeidung von Blattbeschädigungen mit der letzten Mischbrühe wird Zugabe von Kalkhydrat zu dieser (2—3fache Menge des Arsenates) (R. H. Robinson, W. J. Morse, G. E. Sanders und A. Kelsall)[4]) oder Aluminiumsulfat (A. I. Bourne)[5]) empfohlen. Nach Robinson sowie Divers und Shimidzu[6]) ist die Reaktion zwischen Kalkhydrat und Kalziumpolysulfid bzw. Schwefel in der Kälte gering, nach W. Goodwin und H. Martin[7]) nur dann unwesentlich, wenn der Kalk bald in Karbonat übergeht; sonst wird die normale Bildung des freien Schwefels merklich durch Entstehung von Kalziumthiosulfat beeinträchtigt, während Kalziumarsenat an diesen Umsetzungen nicht teilnimmt. Die beobachtete gesteigerte fungizide Wirkung der Schwefelkalkbrühe bei Gegenwart von Bleiarsenat (Loewel)[8]) ist nach W. Goodwin, H. Martin und E. S. Salmon[9]) auf Kalziumthioarsenat zurückzuführen. Bei Mischungen von Kalziumarsenat mit Nikotinsulfat und auch wohl mit Tabakextrakt in Brühen

---

[1]) Cooley, R. A., Montana Insect Pests for 1925 and 1926, being the Twenty-first Report of the State Entomologist of Montana. Montana Stat. Rpt. 1927, 90.

[2]) Carter, R. H., Compatibilities of Insecticides, I. Fluosilicates and Cryolite with Arsenates. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 814.

[3]) Minnesota Stat. Crookston Subst. Rpt. 1926, 39.

[4]) Robinson, R. H., The Calcium Arsenates. Journ. Agric. Res. **13**, 1918, 281; Morse, W. J., Apple Spraying Experiments in 1916 and 1917. Maine Stat. Bull. **271**, 1918, 101; Sanders, G. E. and Kelsall, A., Cheaper Arsenicals and their Use. Journ. Econ. Entom. **15**, 1922, 71.

[5]) Bourne, A. I., Report of the Departement of entomo-Investigation of Materials which Promise Value in Insect Control. Massachusetts Stat. Bull. **271**, 1931, 254.

[6]) Divers, and Chimidzu, Journ. Chem. Soc. Trans. **45**, 1884, 288.

[7]) Goodwin, W., and Martin, H., The Chemical Effect of the Addition of a "Spreader" to the Mixed Lime sulphur-Lead arsenate spray und The Lime sulphur-Calcium arsenate spray. Journ. Agric. Sci. **15**, 1925, 476 und **16**, 1926, 596.

[8]) Loewel, E. L., Obst- und Gemüsebau **78**, 1932, 175.

[9]) Goodwin, W., Martin, H., and Salmon, E. S., (Die fungiziden Eigenschaften gewisser Spritzmittel.) Journ. Agr. Sci. **19**, 1929, 405; Ref. Chem. Ztrbl. 1929, IV, 2094.

muß Kalk zugegen sein (nicht bei freiem Nikotin), da sonst Bildung saurer Salze und Gips erfolgt (F. C. Cook und N. E. Mc Indoo).[1]) Kombinationen des Kalziumarsenats mit Mineralölemulsionen und Seife werden für pflanzengefährlich gehalten. Als Köder dient Kalziumarsenat verschiedentlich mit anderen Stoffen gemischt, z. B. mit Kleie 1 : 16 angefeuchtet gegen Nacktschnecken.

Kalziumthioarsenate, Kalziumsulfarsenate, $Ca_3(AsS_4)_2 \cdot 20H_2O$ entsteht beim Verdampfen einer Lösung von 1 Mol. $As_2S_3$ in 5 Mol. $Ca(SH)_2$. Aus der sirupdicken Flüssigkeit kristallisiert das Salz aus. $Ca_6As_4S_{15} \cdot 12H_2O$ erhält man durch Verdampfen einer mit $As_2S_5$ gesättigten Lösung von $Ca(SH)_2$ im Vakuum. W. Goodwin, H. Martin und E. S. Salmon[2]) bereiteten ein Gemisch von Ca-Thioarsenaten, zum Teil aus $CaHAsO_3S$ bestehend, durch Behandeln einer Dikalziumarsenatsuspension mit $H_2S$ und darauffolgendes Erhitzen unter Druck. Das Filtrat wurde verwendet. Ca-Thioarsenate sind in Wasser löslicher als Dikalziumarsenat.

Die beschriebene Lösung war noch in einer Stärke entsprechend 0,006% $As_2O_5$ fungizid wirksam gegen *Sphaeroteca Humuli* und übertraf darin Lösungen von Dikalziumarsenat mit 0,006% $As_2O_5$-Gehalt.

Magnesiumarsenat hat in letzter Zeit in USA. wegen seiner Unschädlichkeit für Pflanzen als Ersatz für Bleiarsenat als Spritzmittel oder, mit Kalkhydrat gemischt, als Stäubemittel Bedeutung erlangt. Nach dem Committee of Econ. Ent.[3]) soll es nur halb so giftig sein wie Bleiarsenat. Das Mittel scheint in letzter Zeit zur Erreichung größerer Sicherheit für Pflanzen vervollkommnet zu sein. Die Herstellung erfolgt durch Behandlung von Magnesiumhydroxyd oder einem Magnesiumsalz mit einer Lösung von Arsensäure oder Natriumarsenat. Nach einem in USA. patentierten Verfahren wird das Reaktionsprodukt zur Erzielung einer schwer wasserlöslichen Verbindung im Autoklaven auf 165—175° verschiedene Stunden lang erhitzt, darauf filtriert und getrocknet. Nach F. E. Dearborn[4]) hatten zwei Handelspräparate das Schüttegewicht 145 und 113 cbc inch per pound und 32,6 bzw. 41,0% $As_2O_5$, 47,9 bzw. 44,2% MgO. Es soll sich um basische Salze handeln, die sich der Formel $Mg_3(AsO_4)_2 \cdot MgO + H_2O$ nähern.

Arsenate und Arsenite des Bariums, Zinks, Aluminiums, Eisens, Kupfers (außer Schweinfurtergrün) sind zuweilen im Pflanzenschutz mit Erfolg benutzt worden, haben aber bisher aus verschiedenen Gründen, meistens wegen zu erheblicher Ätzwirkung auf Pflanzen keine Verbreitung gefunden.[5])

Komplexe Eisenarsenate, $Fe_2[Fe(AsO_4)_3]$, farblose Verbindungen, sollen nach Schering-Kahlbaum (D. R. P. 577739) vor den gewöhnlichen gefärbten Salzen wesentliche insektizide Vorzüge besitzen.

Manganarsenate, aus Braunstein und Arsenik erhältlich:

$$2MnO_2 + As_2O_3 + H_2O = 2MnHAsO_4,$$

dann nachträglich durch teilweisen Umsatz mit Karbonaten des Mn, Ca oder Mg in Produkte geringerer Azidität und Wasserlöslichkeit übergeführt, sind weiß bis rosa gefärbt, werden aber durch teilweise Entbindung von $MnO_2$ vermittels Kalkzusatzes braun. Weitere Einzelheiten über Herstellung, Eigenschaften und Zusammensetzung gibt F. E. Dearborn[6]). Es erwies sich im allgemeinen dem Bleiarsenat unterlegen, soll sich aber besonders zum Mischen

---

[1]) Cook, F. C., and Mc Indoo, N. E., Chemical, Physical and Insecticidal Properties of Arsenicals. U. S. Dept. Bull. **1147**, 1923.

[2]) Goodwin, W., Martin, H. and Salmon, E. S., (Die fungiziden Eigenschaften gewisser Spritzmittel.) Journ. Agric. Science **19**, 1929, 405; Ref. Chem. Ztrbl. 1929, IV, 2094.

[3]) Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 36.

[4]) Dearborn, F. E., Physical and chemical properties of commercial arsenical Insecticides, II. Magnesium Arsenate. Journ. Econ. Entom. **23**, 1930, 758.

[5]) Vgl. z. B. Luther, E. E., Better Fruit **5**, 1911, Nr. 8, 65; Cooley, R. A., ebenda **15**, 1920, No. 5, 9; Rep. Oregon agr. Exp. Stat. 1913—1914, 137; Schoene, W. J., Tech. Bull. New York State agr. Exp. Stat. **28**, 1913; Wilson, Wisconsin Agr. Exp. Stat. Bull. **303**, 1919.

[6]) Dearborn, F. E., Physical and chemical properties of commercial arsenical Insecticides, I. Manganese Arsenate. Journ. Econ. Entom. **23**, 1930, 630.

mit Schwefelkalkbrühe eignen und in diesem Falle Bleiarsenat übertreffen (R. L. Miller).[1]) Manganarsenat setzt sich nach Young[2]) in Schwefelkalkbrühe nicht zu löslichen Arsenverbindungen um.

## 4. Schwefel und Sulfide (einschließlich $CS_2$)

Schwefel und seine Verbindungen werden seit langem im Pflanzenschutz verwendet. Klages[3]) schätzt den jährlichen Verbrauch in Deutschland auf 5000—6000 t, Vogt[4]) auf 9000 t, Schmitt[5]) auf 3700 t, Trappmann[6]) auf 5000 t. Nach Krieg[7]) beträgt der Verbrauch in USA. an Schwefel und schwefelhaltigen Mitteln 33325 t.

Die weitaus größten Lager an freiem Schwefel finden sich in Louisiana in USA., wo die Gewinnung durch rationelle Fördermethoden (Fraschsche Schwefelpumpe, Einblasen von überhitztem Wasserdampf in heißer Druckluft in die Lager) sehr gesteigert wurde. In Europa besitzt Sizilien die bedeutendsten Lagerstätten. In Deutschland werden in erheblichen Mengen Schwefel aus sulfidischen Erzen, Gips, Steinkohle und Abfallstoffen der Technik gewonnen.

Schwefel kommt in einer Anzahl allotroper Modifikationen vor. Der raffinierte, durch Umschmelzen oder durch Destillation aus Rohschwefel erhaltene, in Stangen oder Broten im Handel erscheinende Schwefel stellt kleine, in Schwefelkohlenstoff lösliche, rhombische Kristalle vor, die sich aus dem anfangs entstehenden monoklinen Schwefel kurze Zeit nach dem Reinigungsprozeß unter Wärmeentwicklung bilden. Die durch Sublimation gewonnenen Schwefelblumen enthalten neben rhombischem Schwefel verschiedene Modifikationen des amorphen und in Schwefelkohlenstoff unlöslichen Schwefels (bis zu 30% und mehr), sowie geringe Mengen verschiedener Schwefelverbindungen. Der in Schwefelkohlenstoff unlösliche Schwefel geht bei sehr langer Aufbewahrung in den rhombischen Schwefel über.

Schwefel wird in Form von Stäubepulvern, wäßrigen Suspensionen, kolloidalen Lösungen, ferner als wirksames Endprodukt bei dem Zerfall bestimmter, sich unter Abscheidung von Schwefel zersetzender, in Schwefelkalk-, Baryum-, Alkali- und Ammoniumpolysulfidbrühen vorhandener Verbindungen benutzt.

Gemahlener Schwefel ist sublimiertem Schwefel zum Verstäuben vorzuziehen, weil er aus scharfkantigen, auf Pflanzen gut haftenden, nur Spuren von Schwefeldioxyd und Schwefelsäure enthaltenden Kristallsplittern besteht, während sublimierter Schwefel sich aus abgerundeten, von den Blättern leicht herabrollenden Teilchen zusammensetzt, die überdies mitunter erhebliche, für Pflanzenteile gefährliche Mengen Schwefeldioxyd und Schwefelsäure enthalten sollen. Bei der Herstellung des Schwefelpulvers verfährt man besonders sorgfältig. Das in Schächten herabfallende Mahlgut wird durch entgegengeführte sauerstoffarme Luft oder kohlensäurehaltige Abgase, die die gröberen Körnchen nicht

[1]) Miller, R. L., Manganese Arsenate as a Control for the Codling Moth. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 340.

[2]) Young, Ohio Stat. Bull. **448**, 1933, 22.

[3]) Klages, A., Bekämpfung von Schädlingen der Kulturgewächse durch chemische Mittel, Bekämpfungstechnik. Angew. Chem. **45**, 1932, 368.

[4]) Vogt, E., Die chemischen Pflanzenschutzmittel. Samml. Göschen, Nr. 923, 1926, S. 63.

[5]) Schmitt, N., Die weltwirtschaftliche Stellung des Schwefels, insbesondere als Pflanzenschutzmittel. Wein u. Rebe **13**, 1932, 341—347.

[6]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Verl. Hirzel, Leipzig 1927, S. 278.

[7]) Krieg, H., Der Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln in den USA. Anz. f. Schädlingskunde **12**, 1936, 23.

mitnehmen, und weiter vermittels Hindurchblasen (Ventilieren) durch feine Haar- und Seidensiebe von allen weniger feinen Teilchen getrennt. Je feiner die Körnung, um so wirksamer und sparsamer ist das Pulver infolge vollkommener Haftfähigkeit und gleichmäßigerer Verstäubbarkeit. Die feinste Handelssorte heißt Ventilato, weniger feine Handelssorten führen die Bezeichnung Raffinato und Floristella. Ventilatoschwefel wird aus Italien und Amerika eingeführt, neuerdings aber auch in Deutschland hergestellt.

Als Ausdruck für den Feinheitsgrad der Schwefelpulver dienen in Handelskreisen die Chancelgrade (siehe Analyse). Nach den Beschlüssen des Schweizer Vereins analytischer Chemiker[1]) soll sublimierter Schwefel mindestens 40°, gemahlener 60° und geblasener 70° Ch. aufweisen und Schwefel mit mehr als 0,2% mineralischen Beimengungen als unrein gelten. In Deutschland wird verlangt, daß ventilierter Schwefel mindestens 70° Ch. hat.

Längeres Lagern des Schwefels kann seine Chancelgrade beträchtlich vermindern, auch Verunreinigungen beeinflussen diese. Nach Vinassa[2]) werden die Chancelgrade durch 2% Tannin oder Kalziumkarbonat um 7—8% gehoben, durch 2% Seife um 40°, durch Bitumen in Mengen von 0,4% um 46° gesenkt.

Gemahlener Schwefel zeigt im Mikroskop splittrige, eckige, im polarisierten Licht undurchsichtige Teilchen, sublimierter Schwefel abgerundete, glatte, zum Teil reihenweise aneinandergeschmolzene, auch schlauch- und blasenförmige, im polarisierten Licht durchscheinende Teilchen.

Die Wirkungsweise des Stäubeschwefels hat man durch verschiedene Theorien zu erklären versucht.

Ausgehend von der Tatsache, daß Reben, die mit Straßenstaub bedeckt sind, von Mehltau frei bleiben, nimmt die erste Theorie einen mechanischen Schutz des Blattes gegen Pilzbefall an. Die von Lüstner[3]) mit Straßenstaub, Schieferstaub, Kaolin, Gips und anderen Stoffen durchgeführten Versuche haben ergeben, daß diese nur so lange einen Schutz bieten, solange sie in dichtem Belag die Blätter überziehen, während bei Schwefel die Wirkung auch eintritt, wenn der Belag nicht lückenlos ist. Außerdem läßt sich nach dieser Theorie die Steigerung der Wirkung von Schwefel bei Wärme nicht erklären.

Die zweite Theorie nimmt eine Brennglaswirkung der Schwefelteilchen an.[4]) Diese Theorie hatte vielleicht noch einige Berechtigung, solange Schwefelblume verwendet wurde, die noch viele kugelige durchscheinende Teilchen enthält. Heute wird aber meistens ventilierter Schwefel verstäubt, der meist aus unregelmäßig geformten Teilchen besteht.

Die dritte Theorie, die von Muth[5]) aufgestellt wurde, geht von der Tatsache aus, daß das dem Schwefel nahestehende Selen photoelektrische Empfindlich-

---

[1]) Untersuchung und Beurteilung von kupfer- und schwefelhaltigen Mitteln zur Bekämpfung der Rebenkrankheiten. Ztschr. f. analyt. Chem. **45**, 1906, 760—765.

[2]) Vinassa, G., Einfluß der Verunreinigungen des Schwefels auf den Ausfall der Bestimmung des Reinheitsgrades mit dem Chancelschen Apparat. Ref.: Chem. Ztrbl. **87**, 1916, II, 1071.

[3]) Lüstner, G., Mitt. über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1919, Nr. 7 u. 8, zit. nach Vogt, E., Untersuchungen über den Schwefel. Angew. Botanik **6**, 1924, 276—300.

[4]) Mach, Weinlaube, **11**, 1879, zit. nach Vogt, E., Untersuchungen über den Schwefel. Angew. Botanik **6**, 1924, 276—300.

[5]) Muth, Fr., Der Schwefel und die Oidiumbekämpfung. Wein u. Rebe **2**, 1920, 411—427.

keit besitzt und daß der Schwefel diese Eigenschaft auch zeigt. Aus dieser Eigenschaft des Schwefels folgert Muth, daß unter dem Einfluß des Lichtes die Schwefelmoleküle negative Elektronen ausstrahlen, die die fungizide Wirkung ausüben. Durch diese Theorie wird aber die Wirkung des zwischen den Rebzeilen ausgestreuten Schwefels nicht erklärt.

Die vierte Theorie[1]) nimmt an, daß durch flüssige oder gasförmige Ausscheidungen der Blätter oder der Pilze der Schwefel in eine wirksame Form überführt wird.

Die fünfte Theorie geht von der Erfahrung aus, daß bei einer Temperatur von 30—40° C die fungizide Wirkung des Schwefels am stärksten ist. Man nimmt an, daß unter Einwirkung von Wärme, Licht, Luft und Feuchtigkeit entweder schweflige Säure oder Schwefelwasserstoff gebildet wird, die fungizid wirken.

So haben Basarow[2]) sowie Mach und Portele[3]) durch Einleiten von Luft aus Weinbergen in Natronlauge und durch Oxydation mit Chlor Schwefelsäure nachweisen können. Bei diesen Versuchen wurde ein Schwefeldioxydgehalt der Luft von 0,009 Gewichts- bzw. 0,004 Volumenprozent errechnet. Moritz[4]) fand, daß an einer oidiumkranken und mit Schwefel bestäubten Traube, die in einem Glaskasten eingeschlossen war, durch Sonnenstrahlung die Bildung von Schwefeldioxyd beschleunigt wurde. Auch Mach und Portele konnten nachweisen, daß mit zunehmender Temperatur die Bildung von Schwefeldioxyd beschleunigt wurde. Muth[5]) und Vogt[6]) konnten durch ihre Versuche die Theorie nicht stützen. Vogt fand, daß durch bloße Einwirkung von Licht, Luft und Feuchtigkeit Schwefel weder zu Schwefeldioxyd oxydiert noch zu Schwefelwasserstoff reduziert wird. Auch Goodwin und Martin[7]) konnten die Bildung von Schwefeldioxyd oder Schwefelwasserstoff nicht nachweisen. Wilcoxon und McCallan[8]) stellten fest, daß nur in Anwesenheit von Pflanzen und auch Pilzen die Bildung von Schwefelwasserstoff einsetzt. Nach ihren Untersuchungen ist die Bildung von Schwefelwasserstoff in Gegenwart von Pilzen der Zahl der vorhandenen Sporen proportional und schwankt bei den verschiedenen Pilzen. Da die Bildung von Schwefelwasserstoff am größten bei 35° C ist und bei 60° C gänzlich unterbleibt, schließen Wilcoxon und McCallan daraus, daß die Bildung von Schwefelwasserstoff eine enzymatische Reaktion ist. Die Wirkung des Schwefels aus der Entfernung erklären Wilcoxon und McCallan so: der Schwefel verdampft, und aus dem Schwefeldampf wird in den Sporen Schwefelwasserstoff gebildet. Über die Entstehung von Schwefeldampf aus Schwefel kann auch kein Zweifel bestehen. Schon Berthelot (1885) beobachtete in den Trockenräumen der Pulverfabriken langsame Sublimation des Schwefels. Nach Dammer[9]) entwickelt sehr fein gepulverter Schwefel schon bei 16° Schwefeldampf, der bei 45—50° so bedeutend zunimmt, daß man an der Innenwand eines über den erwärmten Schwefel gestülpten Glastrichters das Sublimat deutlich erkennen kann. Auch Sestini und Mori[10]) bewiesen die Flüchtigkeit von

---

[1]) Vgl. Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung, Verlag Hirzel, Leipzig 1927, S. 275.

[2]) Basarow, Über das Schwefeln der Weinberge. Weinlaube **14**, 1882, 529/530.

[3]) Mach, und Portele, Zur Frage über die Art und Weise, in welcher der zur Bekämpfung des Oidiums angewendete Schwefel wirkt. Weinlaube **16**, 1884, 433—434.

[4]) Moritz, Über die Wirkungsweise des Schwefelns als Mittel gegen den Traubenpilz *(Oidium Tuckeri)*. Landw. Versuchsstat. **25**, 1880, 1—4.

[5]) Muth, Fr., Der Schwefel und die Oidiumbekämpfung. Wein u. Rebe **2**, 1920, 411—427.

[6]) Vogt, E., Untersuchungen über den Schwefel. Angew. Botanik **6**, 1924, 276—300.

[7]) Goodwin, W., and Martin, H., Sulphur as a fungicide and as an acaricide I. Ann. of Appl. Biology **15**, 1928, 623—638.

[8]) Wilcoxon, F., and McCallan, S. E. A., The fungicidal action of sulphur II and III. Contrib. Boyce Thompson Inst. **3**, 1931, 13—38, 509—528.

[9]) Dammer, Chem. Techn. **1**, 1895, 90.

[10]) Sestini F. and Mori A., Staz. sper. agr. ital. 19, 1890, 257 nach Windisch K., Über die Wirkungsweise des zur Bekämpfung des Oidiums dienenden Schwefels. Landw. Jahrb. **30**, 1901, 447.

Schwefel bei 25—35°. Die Annahme einer Wirkung des Schwefels durch einfache Verdunstung vertreten Barker[1]) sowie Goodwin und Martin[2]). Liming aber hat nachgewiesen, daß der dampfförmige Schwefel nicht fungizid ist, und daß das Kondensationsprodukt erst nach einigen Stunden Pilzsporen abtötet.

Die Bildung von Schwefelwasserstoff in Gegenwart von höheren Pflanzen und Pilzen, die bereits von Pollacci[3]) nachgewiesen ist, streitet auch Liming nicht ab. Er glaubt aber nachgewiesen zu haben, daß Schwefelwasserstoff in der gebildeten Konzentration nicht fungizid ist, und betrachtet den Schwefelwasserstoff lediglich als Reduktionsmittel für die höheren Oxyde des Schwefels zu Pentathionsäure, die von ihm sowie Young[4]) und Young und Williams[5]) als das wirksame Agens des Schwefels angesehen wird. Den Beweis glauben die genannten Forscher dadurch erbracht zu haben, daß sie feststellten, daß im Schwefel Pentathionsäure vorhanden ist, und daß die Wirkung ausbleibt, wenn diese Säure entfernt wird. Die Wirkung der Pentathionsäure hat Liming[6]) außer an Pilzen neuerdings auch an Bakterien und Blattläusen nachgewiesen.

Wilcoxon und McCallan[7]) bestreiten, daß Pentathionsäure die wirksame Substanz sein kann, da sie im Schwefel weder in der für eine fungizide Wirkung erforderlichen Menge vorhanden sei noch gebildet werde. Die genannten Autoren haben zwar in Filtraten von Schwefel Pentathionsäure nachweisen können, die Filtrate waren aber nicht fungizid. Außerdem waren Schwefel, denen die Säuren entzogen waren, ebenso wirksam wie nicht behandelte. Weitere Stützen ihrer Ansicht sehen Wilcoxon und McCallan darin, daß neutrale Salze der Pentathionsäure erst dann wirksam wurden, wenn sie durch Zusatz von Natriumhydroxyd unter Bildung von kolloidalem Schwefel zerstört wurden. Die Wirkung der Pentathionsäure führen sie ebenso wie die von Schwefelsäure auf eine Wirkung der H-Ionen zurück und verweisen dabei auf Untersuchungen von Roach und Glynne[8]), die keinen Unterschied in der Wirkung zwischen Schwefel- und Pentathionsäure gegen die Sporen von *Synchytrium endobioticum* feststellen konnten. Liming und Young[9]) dagegen weisen nach, daß im Vergleich zu Schwefelsäure, schwefliger Säure, Dithion- und Trithionsäure Pentathionsäure wesentlich wirksamer gegen *Sclerotinia cinerea* war. Vogt[10]) hatte bemängelt, daß Young für seine Versuche nicht auch echte Mehltaupilze verwandt hatte. Auch bei den weiteren Versuchen sind weder von Young und seinem Mitarbeiter noch von Wilcoxon und McCallan

---

[1]) Barker, B. T. P., Investigation on the fungicidal action of sulphur. Univ. Bristol, Agr. and Hort. Research Stat. Ann. Rpt. **72**, 1927).

[2]) Goodwin W., and Martin H., The action of sulfur as a fungicide and as an acaricide Ann. Appl. Biol. **16**, 1929, 93.

[3]) Pollacci: vgl. Justs Bot. Jahresber. **4**, 1876, 125.

[4]) Young, R. C., The toxity property of sulphur. Ann. Miss. Bot. Garden **9**, 1922, 403—435.

[5]) Young, R. C., and Williams, R., Pentathionic acid, the fungicidal factor of sulphur. Science **67**, 1928, 19—20.

[6]) Liming, O. N., The preparation and properties of pentathionic acid and its salts; its toxicity to fungi, bacteria, and insects. Phytop. **23**, 1933, 155—174.

[7]) Wilcoxon, F., and McCallan, S. E. A., The fungicidal action of sulphur. I. The alleged rôle of pentathionic acid. Phytop. **20**, 1930, 391—417.

[8]) Roach, W. A., and Glynne, M. D., The toxicity of certain sulphur compounds to *Synchytrium endobioticum*, the fungus causing wart disease of potatoes. Ann. of Appl. Biol. **15**, 1928, 168—190.

[9]) Liming, O. N., and Young, H. C., Toxicity of sulphur to spores of *Sclerotinia cinerea* as affected by the presence of pentathionic and other sulphur acids. Journ. of Agric. Res. **40**, 1930, 951—962.

[10]) Vogt, E., Die Wirkung des Schwefels bei der Mehltaubekämpfung. Weinbau u. Kellerwirtschaft **4**, 1925, 228—229.

echte Mehltaupilze in die Versuche einbezogen worden. Den weiteren Einwand Vogts, daß zwar die fungizide Wirkung der Pentathionsäure erwiesen sei, daß aber der Beweis dafür noch fehle, daß diese Säure unter dem Einfluß von Luft und Licht gebildet werde, haben Liming und Young[1]) neuerdings dadurch widerlegt, daß in säurefreiem Schwefel, nachdem er 8 Stunden der Luft ausgesetzt war, wieder qualitativ Pentathionsäure nachgewiesen werden konnte. Barker[2]), der als wirksame Substanz ebenfalls Schwefelwasserstoff annimmt, aber die Bildung im Gegensatz zu Wilcoxon und McCallan außerhalb der Zellen annimmt, lehnt die Erklärung der Wirkung des Schwefels durch die Bildung von Pentathionsäure mit dem Hinweis ab, daß Schwefel außerhalb der für die Bildung von Pentathionsäure von Young und seinen Mitarbeitern angegebenen pH-Grenzen wirksam sei. Die Bildung von Schwefelwasserstoff ist nach Wilcoxon und McCallan bei pH 4—8 möglich. Der Annahme, daß der Schwefelwasserstoff der wirksame Faktor bei der Schwefelbehandlung ist, widerspricht eine Beobachtung Muths[3]), der feststellte, daß an einem Wassergraben die Kupferspritzflecken durch entwickelten Schwefelwasserstoff regelmäßig schwarz gefärbt wurden, ohne daß die in der Nähe stehenden Reben weniger von Oidium befallen wurden als die entfernter stehenden. Eine Stütze findet die Ansicht Youngs und seiner Mitarbeiter durch die Feststellungen von Lee und Martin[4]), die bei der Bekämpfung von *Helminthosporium sacchari* an Zuckerrohr durch Zusatz von Oxydationsmitteln, insbesondere durch 5% Kaliumpermanganat die Wirkung des Schwefels wesentlich erhöhen konnten. Die gleiche Feststellung machte Greaney[5]) bei der Bekämpfung von Rost mit schwefelhaltigen Mitteln.

Die Wirkungsweise des Schwefels ist somit auch heute noch nicht geklärt. Einheitlich scheint die Ansicht über die Fernwirkung zu sein, es wird angenommen, daß der Schwefel zunächst verdampft, sich darauf amorph absetzt und nach einiger Zeit auskristallisiert. Der entstehende Schwefelwasserstoff wird zum Teil als das wirksame Agens angesehen, zum Teil wird diesem Gas die Rolle eines Reduktionsmittels der höheren Oxyde des Schwefels zu Pentathionsäure zugeschrieben. Leider ist bei den bisherigen Versuchen zur Klärung der Frage die Wirkungsweise nicht an Mehltaupilzen, für deren Bekämpfung der Schwefel in erster Linie in Frage kommt, sondern an Pilzen, die zum Teil erfahrungsgemäß nicht mit Schwefel bekämpft werden können, festgestellt worden.

Der Stäubeschwefel, auf dessen Brauchbarkeit zur Bekämpfung des Pfirsichmehltaus 1821 Robertson bereits hingewiesen hat und dessen Wirkung auf den Rebenmehltau 1846 von dem Gärtner Kyle in Lyton entdeckt sein soll, wird heute in erster Linie zur Bekämpfung von Mehltaupilzen verwendet. Es kommen vor allem folgende Krankheiten in Frage: Rosenmehltau *(Sphaerotheca pannosa)*, Rebenmehltau *(Oidium Tuckeri)*, Hopfenmehltau *(Sphaerotheca humuli)*, Eichenmehltau *(Microsphaera quercina)*, Gurkenmehltau *(Erysiphe spec.)*. Wenig Erfolg hat man bei der Bekämpfung des Apfelmehltaus *(Podosphaera leucotricha)* erzielt. Die Anwendung von Schwefel gegen diese Krankheit hat nur dann Erfolg, wenn gleichzeitig die befallenen Triebspitzen abgeschnitten

---

[1]) Liming, O. N., and Young, H. C., Toxicity of sulphur to spores of *Sclerotinia cinerea* as affected by the presence of pentathionic and other sulphur acids. Journ. of Agric. Res. **40**, 1930, 951—962.

[2]) Barker, Investigations on the fungicidal action of sulphur. Univ. Bristol Agr. and Hort. Res. Stat. Ann. Rep., 1927, 72—80.

[3]) Muth, Fr., Der Schwefel und die Oidiumbekämpfung. Wein u. Rebe **2**, 1920, 411—427.

[4]) Lee, H. A., and Martin, J. P., The development of more effective dust fungicides by adding oxydizing agents to sulphur. Science **66**, 1927, 178.

[5]) Greaney, F. J., Influencing the effectiveness of sulphur by the use of oxydizing agents. Rep. of the Dom. Botanist for the year 1928, 75—77.

werden. Die Bedenken von Hollrung[1]), daß eine Bekämpfung des Getreidemehltaus *(Erysiphe graminis)* aus „kulturellen Umständen" nicht in Frage kommen dürfte, treffen nach den bei der Getreiderostbekämpfung gemachten Erfahrungen jetzt nicht mehr zu.

Da die Wirkung des Schwefels vorbeugend ist und durch das Schwefeln meist nur die weitere Ausbreitung der Mehltaupilze verhindert wird, muß die Anwendung rechtzeitig vorgenommen werden. Gegen Rebenmehltau wird die erste Bestäubung kurz vor dem Austrieb (etwa Ende Mai), die zweite nach der Blüte (etwa Ende Juni) und die dritte Bestäubung im Juli durchgeführt. Das Verstäuben wird am besten bei ruhigem trockenem Wetter vorgenommen. Das vielfach empfohlene Stäuben auf feuchte Pflanzen, damit der Schwefel besser haftet, hat sich nicht bewährt, weil ein Zusammenballen des Schwefels eintritt und dadurch die fungizide Wirkung herabgesetzt wird.

Eine besondere Bedeutung hat der Stäubeschwefel neuerdings durch die Verwendung für die Getreiderostbekämpfung gewonnen. Zuerst berichtet Kellerman[2]) über Versuche mit Schwefel zur Bekämpfung von Getreiderost. Obwohl dieser bei seinen Versuchen an Sommerweizen, Gerste und Hafer die Behandlung elfmal im Abstande von einer Woche vornahm, konnte er keinen günstigen Einfluß feststellen. Etwas später machte Galloway[3]) ähnliche Versuche mit demselben Ergebnis. Erst in letzter Zeit wurde die Bekämpfung des Getreiderostes mit schwefelhaltigen Mitteln von amerikanischen Forschern wieder aufgegriffen. Zunächst konnten Kightlinger[4]), sowie Kightlinger und Whetzel[5]) feststellen, daß Schwefelbestäubungen den Braunrostbefall des Weizens sowie das Auftreten von Kronen- und Schwarzrost herabsetzen und die Ertragsausfälle durch Rost vermindern können. Ähnliche Ergebnisse zeigten die Versuche von Lambert und Stakman[6]) und die von Bailey und Greaney.[7]) Bei späteren Versuchen von Lambert und Stakman[8]) und denen von Broadfoot[9]) erwies sich ein von der Niagara-Sprayer-Comp. in

---

[1]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 119.

[2]) Kellerman, Spraying to prevent wheat rust. Cansas Agr. Exp. Stat. Bull. **22**, 1891, 74—93.

[3]) Galloway, Experiments in the treatment of rust affecting wheat and other cereals. Journ. of Mycology **7**, 1893, 195.

[4]) Kightlinger, C. V., Preliminary studies on the control of cereal rust by dusting. Phytop. **15**, 1925, 611—613.

[5]) Kightlinger, C. V., and Whetzel, H. H., Second report on dusting for cereal rusts. Phytop. **16**, 1926, 64.

[6]) Lambert, E. B., and Stakman, E. C., Effect of sulphur dust on the development of black stem rust of wheat in natural epidemic. Phytop. **16**, 1926, 64.

[7]) Bailey, D. L., and Greaney, F. J., Preliminary experiments on the control of leaf and stem rusts of wheat by sulphur dust. Scient. Agr. **6**, 1925, 113—117; dies., Field experiments on the control of stem rust by sulphur dust. Scient. Agr. **7**, 1927, 153—156; dies., Sulphur dusting for the control of leaf stem rust in Manitoba. Scient. Agr. **8**, 1928, 409—432.

[8]) Lambert, E. B., and Stakman, E. C., Sulphur dusting for the prevention of stem rust of wheat. Phytop. **19**, 1929, 631—644.

[9]) Broadfoot, W. C., Preliminary experiment on the control of cereal rusts by Kolo-dust. Phytop. **21**, 1931, 347—372.

Middleport N. Y. hergestelltes Schwefelpräparat, Kolo-Dust, als besonders geeignet. Während Broadfoot eine dreimalige Anwendung nach der Blüte für ausreichend hält und eine 57,1%ige Ertragssteigerung erzielen konnte, fand Greaney[1]), daß bei 3—4maliger Anwendung von 20 lb. Kolo-Dust je acre (etwa 22 kg je Hektar) und auch bei 40 lb. je acre, wenn die Verteilung mit einem Flugzeug vorgenommen wurde, zwar eine Verminderung des Rostbefalls und eine Erhöhung des Ertrages eintritt, daß aber der Mehrertrag die Kosten der Flugzeugbestäubung nicht deckt. Bei Verwendung von Verstäubern war die Wirkung des Schwefels gegen Rost besser und der Mehrertrag so groß, daß ein erheblicher Überschuß verblieb. Gaßner und Straib[2]) verwendeten sowohl Schwefel wie ein Schwefel-Kaolin-Gemisch 1 : 1. Sie konnten die Beobachtungen der amerikanischen Forscher bestätigen. In Gewächshausversuchen zeigte sich jedoch, daß durch die Bestäubung mit Schwefel nur dann nach Impfung ein Schutz gegen Infektion gewährt wird, wenn die Bestäubung unmittelbar vor oder nach der Impfung erfolgt. Eine Bestäubung 10—20 Stunden nach der Impfung ließ bereits keine Schutzwirkung des Schwefels mehr erkennen.

Bei 3jährigen Versuchen (1930—1932) konnte Greaney[3]) durch Bestäuben mit Kolo-Dust (34 kg je Hektar 4—5 Wochen lang im Abstande von 5 Tagen) *Puccinia graminis* und *P. triticina* fast vollkommen unterdrücken und Ertragssteigerungen bis zu 400% erzielen. Die Behandlung war auch wirksam gegen Blatt- und Stengelflecke, Weizenschorf und Schwärze.

Auch zur Bekämpfung von Fusikladium ist Stäubeschwefel angewendet worden. Krout[4]), Doran und Osmun[5]) und Doran[6]) konnten zwar mit Stäubeschwefel gegen Fusikladium Erfolge erzielen, doch stand die Wirkung der von Kupfermitteln vielfach nach. Eine weitere Verbreitung hat die Anwendung von Stäubeschwefel gegen Fusikladium nicht erfahren, zumal Hamilton[7]) feststellen konnte, daß die Wirkung auch durch Zusatz von Kaliumpermanganat nicht gesteigert werden kann.

Nach Dutton und Stanley[8]) und Roberts und Dunegan[9]) soll Stäubeschwefel auch gegen die Braunfäule des Pfirsichs wirksam sein.

Die von Hollrung als erforderlich angegebene Menge von 60—80 kg auf 1 ha Reben mittelhoher Erziehungsart dürfte viel zu groß sein. Den praktischen

---

[1]) Greaney, F. J., Sulphur dusting for the prevention of cereal rusts. Rep. of the Dominion Botanist for the year 1930, 61—66.

[2]) Gaßner, G., und Straib, W., Beitrag zur Frage der Getreiderostbekämpfung auf chemischem Wege. Phytop. **2**, 1930, 361—376.

[3]) Greaney, F. J., Field experiments on the prevention of cereal rusts by sulphur dusting (1930/1932). Scient. Agric. **14**, 1934, 496—511.

[4]) Krout, W. S., Combating apple scab. Mass. Stat. Bull. **214**, 1923, 29—41.

[5]) Doran, W. L., and Osmun, A. V., Combating apple scab. Ebenda, Bull. **219**, 1924, 17 S.

[6]) Doran, W. L., Experiments on the control of apple scab and black rot and spray injury in 1924. Ebenda, Bull. **222**, 1925, 10 S.

[7]) Hamilton, J. M., Studies on the fungicidal action of certain dusts and sprays in the control of apple scab. Phytop. **21**, 1931, 445—525.

[8]) Dutton, W. C., and Stanley, W. W., Dusting and spraying experiments of 1920 and 1921. Mich. Board of Agric. Exp. Stat. Spec. Bull. **115**, 1928.

[9]) Roberts, J. W., and Dunegan, J. C., Peach brown rot and scab. U. S. Dept. Agr. Farm. Bull. **1527**, 1927, 14 S.

Verhältnissen entspricht eher die Angabe von Zillig[1]) von 12—28 kg je Hektar je nach Erziehungsart und Größe.

Als Insektizid hat sich Schwefel bisher nur zur Bekämpfung von Spinnmilben (Rote Spinne) bewährt. Über die Wirkungsweise des Schwefels bei diesem Schädling ist nichts bekannt.

Der bei der Leuchtgasbereitung abfallende, wegen seiner leichten Benetzbarkeit und zufriedenstellenden Haftfähigkeit gut brauchbare, angeblich an Polythionsäuren reiche Prä- (präzipitierter) oder Grauschwefel enthält außer Schwefel noch (bis zu 40%) organische und mineralische Bestandteile, darunter Zyanverbindungen, Eisenoxyd, Kalk. Nach Müller[2]) wurde Oidium bei nicht zu starkem Befall durch Präschwefel vollständig unterdrückt. In Amerika wird dieser Schwefel als „flotation-sulfur" bezeichnet. Dieser „flotation sulfur" ist als Pulver und als Paste im Handel.[3]) Besonders für den Pflanzenschutz hergestellter präzipitierter Schwefel hat wegen seines erheblichen Preises keine Bedeutung erlangt.

Gebrauchte Gasreinigungsmasse, die neben größeren Mengen (40—65%) Schwefel Berliner Blau und Rhodanverbindungen enthält und zur Selbstentzündung neigt, hat man verschiedentlich zur Unkrautbekämpfung auf Wegen, Plätzen u. dgl. verwendet. Die Masse muß etwa 1½—5 cm dick aufgetragen werden.[4])

Für den gleichen Zweck wird auch sog. Gasmasseabbrand verwendet. Das ist Gasreinigungsmasse, der der Schwefel zum größten Teil entzogen ist.

Während in Deutschland meist der reine Schwefel zur Anwendung gelangt, der nur dann, wenn bei sonnigem trockenem Wetter Beschädigungen von Blättern und Beeren zu befürchten sind, mit indifferenten Stoffen gemischt wird, werden besonders in Amerika vielfach Schwefel verwendet, denen besondere Stoffe zugesetzt werden, die eine bessere Haftfähigkeit bewirken und ein Klumpen verhindern sollen (Gips, Bolus, Kalk usw.). Nach Young und Williams[5]) soll Kalk die Wirkung des Schwefels infolge Bildung ungiftigen polythionsauren Kalkes herabsetzen. Nach einem amerikanischen Patent[6]) soll ein besonders gutes Insektizid durch Schmelzen von Schwefel mit Harz und Vermahlen der Schmelze erhalten werden.

Eine besondere Anwendungsart des Schwefels ist die Vernebelung, die schon seit langem angewendet wird, und zwar so, daß die Heizungsrohre in den Gewächshäusern mit einem Brei aus Schwefel und Kalk oder Lehm bestrichen werden. Die Entwicklung von Schwefelnebel ist bei diesem Verfahren verhält-

---

[1]) Zillig, H., Der echte Mehltau *(Aescherich Oidium)* des Weinstocks und seine Bekämpfung. Flugbl. der Biol. Reichsanst. Nr. **55**, 1931, 4 S. 3. Aufl.

[2]) Müller, K., Neue Erfahrungen über die Rebschädlingsbekämpfung. Weinbau u. Kellerwirtschaft **1**, 1922, 229—231, 237—240.

[3]) Crosby, C. R., and Mills, W. D., Protecting orchard crops from diseases and insects in the Hudson Valley. Corn. Un. Extension Bull. **314**, 1935, 89 S.

[4]) Gebrauchte Gasreinigungsmasse als Unkrautvertilgungsmittel. Chem. Ztg. **55**, 1931, 190—191, 280.

[5]) Young, H. C., and Williams, R., Factors affecting the fungicidal property of sulphur. Phytop. **18**, 1928, 147.

[6]) Amer. Patent Nr. 1908619; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3168.

nismäßig gering und muß zu Zeiten, wenn nicht geheizt wird, ganz ausfallen. Außerdem führt Guba[1]) als Nachteil die Zerstörung der Heizungsröhren an. Die Verwendung von Ölöfen und die Erhitzung des Schwefels über freier Flamme hat auch keinen Eingang gefunden, weil der Schwefel sich sehr leicht entzündet und dann das für die Pflanzen sehr gefährliche Schwefeldioxyd entwickelt wird. Das Entzünden des Schwefels soll bei Verwendung des „Campbells Patent Sulphur Vaporiser" verhindert werden.[2]). Nach Angaben von Rupprecht[3]) soll aber bei diesem Apparat auch noch sehr leicht eine Zündung des Schwefels eintreten. Er selbst konstruierte zunächst einen Apparat, bei dem der verdampfende Schwefel durch Kohlensäure ausgetrieben wurde. Auf Grund der Patente haben dann die Rota-Werke den „Rota-Generator" konstruiert. Die großen Erwartungen, die an diesen Apparat geknüpft wurden, erfüllten sich jedoch nicht. Die leichte Schwefelwolke wurde durch den geringsten Luftdruck abgetrieben, so daß im Freiland nur bei absoluter Windstille mit dem Apparat gearbeitet werden konnte. Außerdem wies der Apparat noch erhebliche technische Mängel auf, so daß die Arbeit öfters unterbrochen werden mußte. Da die Wirkung gegen den Mehltaupilz, auch wenn unter günstigen Bedingungen geschwefelt wurde, nicht so gut war wie die des Pulverschwefels, nimmt Vogt[4]) an, daß die auf die Reben gebrachten Schwefelmengen zu gering waren. In den letzten Jahren hat Rupprecht einen weiteren Schwefelvernebelungsapparat, den er „Sulfurator" nennt, konstruiert. Winkelmann[5]) konnte bei seinen Versuchen feststellen, daß auch empfindliche Pflanzen bei der Vernebelung nicht geschädigt werden. Die fungizide Wirkung des mit dem Sulfurator vernebelten Schwefels ist sicher festgestellt bei Mehltau an Rosen und Chrysanthemen.[6]) Während Small[7]) bei seinen Versuchen mit Schwefelnebel bei der Bekämpfung von *Cladosporium fulvum* an Tomate keine Erfolge erzielte, berichtet Guba[8]), daß nur durch Schwefelnebel die genannte Krankheit ausreichend bekämpft werden konnte. Small führt das Versagen des Schwefelnebels gegen Cladosporium darauf zurück, daß der Pilz sich in der Hauptsache auf der Blattunterseite befindet. Rupprecht[9]) dagegen erklärt das Versagen daraus, daß nicht pro-

---

[1]) Guba, E. F., Tomato leaf-mold: The use of fungicides for its control in greenhouses. Mass. Agr. Exp. Stat. Bull. **248**, 1929, 24 S.

[2]) Lüstner, G., Versuchsergebnisse mit Peronospora-, Oidium- und Heu- und Sauerwurmbekämpfungsmitteln im Sommer 1922. Wein u. Rebe **4**, 1923, 448—472.

[3]) Rupprecht, G., Ein neues Verfahren zum Schwefeln von Pflanzenkulturen. Angew. Botanik **3**, 1921, 253—262.

[4]) Vogt, E., Untersuchungen über den Schwefel. Angew. Botanik **6**, 1924, 276—300.

[5]) Winkelmann, A., Prüfung des Schwefelvernebelungsapparates „Sulfurator". Obst- u. Gemüsebau **77**, 1931, 180.

[6]) Hahmann, C., Schwefelnebel im Gewächshaus. Blumen- u. Pflanzenbau **47**, 1932, 151; Goetz, O., und Winkelmann, A., Der Schwefelvernebelungsapparat „Sulfurator". Blumen- u. Pflanzenbau **47**, 1932, 152.

[7]) Small, T., Experiments on the control of tomato leaf mould *(Cladosporium fulvum)* by fungicides and fumigants. Ann. appl. biol. **18**, 1931, 305—312.

[8]) Guba, E. F., Tomato leaf-mold: The use of fungicides for its control in greenhouses. Mass. Agr. Exp. Stat. Bull. **248**, 1929, 24 S.

[9]) Rupprecht, G., Schwefelnebel gegen die Braunfleckenkrankheit der Tomaten. Obst- u. Gemüsebau **78**, 1932, 160.

phylaktisch behandelt wurde, und daß durch den Campbells Sulphur Vaporiser, den Small bei seinen Versuchen verwendete, zu geringe Mengen von Schwefelnebel entwickelt wurden. Guba, der den Schwefelnebel durch Erhitzen von Schwefel in Porzellanschalen auf elektrischen Heizplatten entwickelte, behandelte die Gewächshäuser 8—16mal im Abstande von etwa einer Woche. Außerdem arbeitete Guba noch mit einem selbstkonstruierten Apparat (S. 422).

Der vernebelte Schwefel zeichnet sich durch besonders feine Verteilung und sehr festes Haften aus. Mit einem Wasserstrahl läßt sich der auf einer Glasplatte niedergeschlagene Schwefelnebel nicht abwaschen. Der zunächst amorph ausgeschiedene Schwefel kristallisiert nach einiger Zeit in feinen Kristallen aus. Die Schwefelvernebelung hat noch den großen Vorteil, daß sie die Bekämpfungsarbeit wesentlich verkürzt. Nach Goetz und Winkelmann[1]) erfordert die Behandlung eines 5000 cbm großen Gewächshauses mit einem großen Sulfuratorapparat nur 12 Minuten. Ob die von Rupprecht angegebene Menge von 0,5 g Schwefel je Kubikmeter Raum für die Bekämpfung genügt, ist noch zu klären.

Da der Stäubeschwefel verhältnismäßig leicht besonders von glatten Blättern abfällt, hat man versucht, feinverteilten Schwefel in Wasser aufzuschwemmen. Da jedoch der Pulverschwefel schwer benetzbar ist, wird er vor dem Einbringen in Wasser mit einem Benetzungsmittel wie Seife, Spiritus, Leim u. dgl. angerührt. Schwefelaufschwemmungen sind in Amerika im Obstbau vielfach verwendet worden. Von Farley[2]) wird eine als „New Jersey sulphur-glue mixture" bezeichnete Mischung empfohlen. In Amerika sind ferner „Dry mix sulphur lime" genannte Mischungen vielfach in Gebrauch. Zur gleichzeitigen Bekämpfung von Blattläusen und Spinnmilben werden Mischungen aus Schwefel, Kalk, Kaseinkalk und Nikotinsulfat, zur Bekämpfung von beißenden Insekten, Spinnmilben und Mehltaupilzen Mischungen mit Bleiarsenat verwendet. Die Schwefelkalkaufschwemmungen haben vor der Schwefelkalkbrühe den Vorzug, daß sie bequem selbst hergestellt werden können und weniger Verbrennungen verursachen. Ihre Wirkung ist allerdings meistens geringer als die der Schwefelkalkbrühe. In Deutschland haben solche Aufschwemmungen keinen Eingang gefunden.

Nach Goodwin, Martin und Salmon[3]) sind einfache Suspensionen von 5% Schwefel und 0,5% Seife oder 0,3% kolloidalem Schwefel und 0,5% Seife brauchbar. In USA. bekannte, Kalk als Beistoff benutzende Ansätze sind die New Yersey Sulfur-Glue Mixture, die aus 3,6 kg feingemahlenem Schwefel, 47 g in Wasser gelöstem Leim und einer Aufschwemmung von 1,8 kg Kalkhydrat in 12 l Wasser herstellbar ist und auf 200 l spritzfertige Flüssigkeit gebracht wird, ferner Dry-Mix-Sulfur-Lime aus 3,6 kg Schwefelpulver, 1,8 kg $Ca(OH)_2$, 0,25 kg Kalziumkaseinat. Derartige Schwefelkalkmischungen werden in USA. auch kurz „Drymix" genannt und ihr Mischungsverhältnis in den

---

[1]) Goetz, O., und Winkelmann, A., Der Schwefelvernebelungsapparat „Sulfurator". Blumen- u. Pflanzenbau **47**, 1932, 152.

[2]) Farley, A. J., Dry-mix sulphur lime, a substitue for self-boiled lime sulphur and summer-strength concentrated lime sulphur. New. Jersey Stat. Bull. **379**, 1923, 16 S.

[3]) Goodwin, W., Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray-fluids. 6. Journ. Agric. Sci. **20**, 1930, 18—31.

fertigen Brühen kurz zahlenmäßig, z. B. mit 6 : 4 : 50, 8 : 4 : 50, 8 : 8 : 50 (siehe Kupferkalkbrühe S. 342) bezeichnet. Warmes Wasser als Verdünnungsmittel soll wirksamere Brühen geben.

In Amerika ist neuerdings der sog. „flotation sulfur" vielfach im Gebrauch. Die Aufschwemmung dieses Schwefels soll gegenüber der Schwefelkalkbrühe den Vorteil haben, daß weniger leicht Verbrennungen auftreten, andererseits soll die Wirkung besser als die von „dry-mix sulfur lime" sein.[1])

Als Schwefelart feinster Verteilung und weitgehender Haftfähigkeit verwendet man für Spritzmittel den „kolloidalen Schwefel". Vollkommen kolloidaler Schwefel besteht aus 0,01—0,1 $\mu$ großen Teilchen und ist in Wasser zu einer milchigen, in durchscheinendem Licht bläulichen Flüssigkeit löslich. Er wurde zuerst von Debus (1888) durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in gesättigte Schwefligsäurelösung bei 0° erhalten. Nach Heinze[2]) entsteht dabei ein Hydroperoxyd ähnlicher Körper $H_2SO$, der in $H_2O$ und S zerfällt, daneben bilden sich Polythionsäuren. Spring[3]) hält kolloidalen Schwefel nicht für eine allotrope Modifikation des Schwefels, sondern für ein Hydrat $S_8H_2O$. Nach Rossi[4]) braucht kolloidaler Schwefel Schwefelsäure und Natriumsulfat, um nicht auszuflocken; diese Stabilisatoren sollen an Schwefel gebunden sein. Nach Freundlich[5]) ist die Haltbarkeit von Kolloidschwefelsolen durch die Verwandtschaft der anwesenden Pentathionsäure sowohl zum Schwefel als zu Wasser bedingt.

Die Herstellungsweisen der kolloidalen Schwefel des Handels unterscheiden sich erheblich voneinander. So leitet Sarazon bei gewöhnlicher Temperatur $SO_2$ durch eine mit $H_2S$ gemischte Glyzerinlösung, Vogel bereitet Schwefelhydrosol, indem er $SO_2$ und $H_2S$ bei sehr niedriger Temperatur durch Wasser leitet *(Vomasol S)*, Ramsey läßt verdünnte $H_2SO_4$ auf Schwefelkalkbrei einwirken und fügt Tierleim hinzu. Die Oderberger Chemischen Werke dispergieren den Schwefel durch Verarbeitung von Rohschwefel, Wasser, tierischem Leim und Natriumchlorid in Kolloidmühlen. Zur Herstellung des 18—20% S enthaltenden *Sulsols*, das sich durch großes Adhäsions- und Deckvermögen auszeichnen soll, ist Pigache ein besonderes Verfahren geschützt worden (E.P. 292965). Hier sind auch das Präparat *Cosan* und ein außer Schwefel verschiedene Öle enthaltendes Mittel *Collosoufre* zu nennen.[6])

Zur Förderung der Dispersion und zur größeren Haltbarkeit werden den Mitteln Schutzkolloide, wie Eiweißstoffe, Leim, Sulfitablauge zugesetzt. Zu beachten ist hierbei, daß sauer reagierende Netzmittel, wie Saponine oder Gelatine die fungizide Wirkung des Schwefels herabsetzen, alkalische, wie Kalziumkaseinat sie jedoch erhöhen.[7]) Auch durch Einleiten von $H_2S$ in die beträchtliche

---

[1]) Crosby, C. R., and Mills, W. D., Protecting orchard crops from diseases and insects in the Hudson Valley. Corn. Un. Extension Bull. **314**, 1935, 89 S.

[2]) Heinze, E., Reduktion der $SO_2$ durch $H_2S$ in wässeriger Lösung. J. f. prakt. Chem. **2**, 1899, 109; Chem. Ztrbl. 1919, III, 473.

[3]) Spring, W., Hydrat des S. Bull. Acad. Belg., 1906, 452; Chem. Ztrbl. 1906, II 1036, 1302.

[4]) Rossi, Beitrag z. physikalisch-chem. Untersuchg. d. kolloidalen Schwefels. Kolloid. Z. **30**, 1922, 228.

[5]) Freundlich, H., Kapillarchemie, 2. Aufl. Leipzig 1922.

[6]) Zur Frage des kolloidalen Schwefels. Internat. Landw. Rundschau **1**, 1930, 290.

[7]) Goodwin, W., Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray-fluids. 6. Journ. Agric. Science **20**, 1930, 18.

Mengen Kalziumbisulfat enthaltende Sulfitablauge hat man kolloiden Schwefel herzustellen versucht.[1]) Hierbei wirken die vorhandenen organischen Stoffe als Stabilisatoren. Der Gehalt solcher Brühen an aktivem Schwefel ist jedoch gering.

Bentonit, eine bestimmte Art plastischen Tons, eignet sich ebenfalls gut zur Herstellung kolloidalen Schwefels. Solche Mischungen werden durch Behandlung von Bentonit mit geschmolzenem Schwefel bereitet und sind als Fungizide im Handel in U. S. A. unter Namen wie „*Kolofog, Koloform, Kolodust, Kolotext*" bekannt.[2])

Kolloidschwefelpräparate haben trotz aller Zusätze den Nachteil nicht allzugroßer Haltbarkeit. Beim Verdünnen der Mittel muß zur Vermeidung von Koagulierungen sehr reines Wasser genommen werden.

Während in Amerika die kolloidalen Schwefel vielfach selbst hergestellt werden, erfolgt in Deutschland die Herstellung fast ausschließlich fabrikmäßig. Sie haben besonders den Vorteil, daß sie meist weniger gut sichtbare Spritzflecke hinterlassen als Schwefelkalkbrühe und Schwefelaufschwemmungen, ein Vorteil, der sich besonders bei der Bekämpfung von Krankheiten an Zierpflanzen auswirkt. Außerdem ist die Wirkung infolge der besonders feinen Verteilung des Schwefels sehr gut, allerdings kann sich die feine Verteilung insofern ungünstig auswirken, als die Gefahr der Verbrennungen vergrößert wird. Die Anwendung der fabrikmäßig hergestellten kolloidalen Schwefel wird sich wohl auf kleine Flächen und besonders wertvolle Kulturen beschränken müssen, solange die Präparate den bisherigen hohen Preis behalten. Die Selbstherstellung der Mittel wird sich wegen der umständlichen Herstellung kaum einbürgern.

In Deutschland werden kolloidale Schwefelpräparate von verschiedenen Firmen hergestellt. Sie kommen in erster Linie zur Bekämpfung von Rosen- und Stachelbeermehltau in Frage. Soweit sie amtlich geprüft sind, sind sie im Pflanzenschutzmittelverzeichnis der Biologischen Reichsanstalt aufgeführt.

Die ersten Versuche, den Schwefel in wäßrigen Aufschwemmungen zu verwenden, befriedigten nicht. Die weiteren Untersuchungen führten dann zur Ausarbeitung der Schwefelkalkbrühe, auch kalifornische Brühe genannt, deren Entdeckung Hollrung dem Amerikaner Kenrick zuschreibt. Dieser verwendete die Brühe zur Bekämpfung des Rebenmehltaus. Seit 1900 wird die Brühe in Amerika in großem Maße auch zur Bekämpfung anderer Krankheiten angewendet.

Zur Herstellung der Brühe werden Kalkmilch und Schwefel in eisernen Kesseln unter Zugabe des verdampfenden Wassers gekocht. Als Verhältnis von $CaO : S : H_2O$ empfehlen Slyke 8,6 : 19,3 : 100, Vermorel und Dantony 7,7 : 24,6 : 100, Morse 30 : 20 : 100. Ludwigs[3]) hat sich für das Verhältnis von 0,9 kg Branntkalk oder 2,7 kg Grubenkalk, 2 kg Schwefelblüte und 10 l Wasser

[1]) Fleming, C. S., und Reedy, I. H., Sulfitabfallauge als Spritzmittel. Chem. metallurg. Engin. **34**, 159; Chem. Ztrbl. 1927, I, 2599.

[2]) McDaniel, A. S., Colloidal bentonite-sulphur. A new fungicide. Ind. Engin. Chem. **26**, 1934, 340; Chem. Ztrbl. 1934, II, 439; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2583.

[3]) Ludwigs, K., Kupferkalk- oder Schwefelkalkbrühe? Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 62.

bei dreiviertelstündiger Kochdauer entschieden. Je nachdem man das verdampfende Wasser ganz oder teilweise ersetzt, erhält man dünnere oder stärkere Stammbrühen. Die von den ungelöst gebliebenen Bestandteilen getrennte gelbrote, klare Lösung enthält Kalziumpolysulfid $CaS_5$, Kalziumsulfid CaS und Kalziumthiosulfat $CaS_2O_3$. Sie ist in gutschließenden Flaschen oder Ballons frostfrei und durch Überschichten mit etwas Mineralöl vor Luftzutritt geschützt aufzubewahren. Die Lagerung von Schwefelkalkbrühen in eisernen Behältern ist mit Bildung geringer Mengen Eisensulfid verbunden, das der Flüssigkeit eine dunkelbraune Farbe gibt; der Verlust an Schwefel kalk ist dadurch nur gering. Die Brühen des Handels sind 20—35° Bé schwer, enthalten 8—25% Polysulfidschwefel, ihr Verhältnis von Polysulfidschwefel zum Gesamtschwefel schwankt zwischen 55 und 70% und mehr. Die schwereren Brühen enthalten verhältnismäßig viel Polysulfidschwefel, so daß sie deswegen und auch schon wegen geringeren Wasserballastes den Vorzug verdienen. In Deutschland sind Konzentrationen von 20—25° Bé, in USA. Konzentrationen von 32—35° Bé üblich. Englische Normen[1]) schreiben ein spezifisches Gewicht von rund 1,3 und einen Gehalt an Polysulfidschwefel von mindestens 18,5 Gew.-% entsprechend 24,0 Vol.-% vor, bei Prüfung nach vorgeschriebener Methode. Vielfach wird auch in USA. „dry lime sulfur", Kalziumpolysulfidpulver, durch Abdampfen von Kalziumpolysulfidlösungen mit einem Stabilisator (oft Rohrzucker) gewonnen, verwendet.[2])

Die bei der Herstellung der Schwefelkalkbrühe sich abspielenden Vorgänge sind zum Teil noch ungeklärt. Vermutlich entstehen zuerst $H_2S$ und $SO_2$, die mit Kalk CaS und Ca $SO_3$ geben; diese gehen unter Aufnahme von S in Kalziumpolysulfide, hauptsächlich wahrscheinlich in $CaS_5$, und Kalziumthiosulfat $CaS_2O_3$ über. Kalziumsulfit wird ebenfalls als Endbestandteil der Brühe genannt, obgleich es zweifelhaft ist, ob es neben Polysulfiden bestehen kann. Bei und nach Verspritzung der verdünnten Brühen treten unter dem Einfluß des Sauerstoffes und der atmosphärischen sowie der von den Pflanzen entwickelten Kohlensäure weitgehende Veränderungen nach folgenden Gleichungen ein:

$$Ca\,S_x + 3\,O = Ca\,S_2O_3 + S_{x-2}$$

$$Ca\,S_x + CO_2 + H_2O = Ca\,CO_3 + H_2S + S_{x-1}.$$

Ca $S_2O_3$ wird wegen seiner Löslichkeit in Wasser von den Blättern leicht abgespült. Ein Teil $CaS_2O_3$ geht wahrscheinlich unter Sauerstoffaufnahme langsam in Gips und S über, die auf den Blättern haften bleiben. Durch $CO_2$ wird Ca $S_2$ $O_3$ nicht verändert. Allein der Polysulfidgehalt bestimmt den Wert der Brühe; Ca $S_2O_3$ und Ca S werden für unwirksam gehalten. Danach kommt neben dem ätzenden Einfluß der Polysulfide vor allem dem sich abscheidenden plastischen Schwefel die Hauptwirkung zu. Hurt und Schneiderhan[3]) empfehlen

[1]) Normung v. Schädlingsbekämpfungsmitteln in England. Pflanzenschutz u. Schädlingsbek. 1934, 147.

[2]) Parfentjew, I. A., Die Bekämpfung der Pflanzenschädlinge in den Ver. Staaten v. Nordamerika. Pflanzenbau **6**, 1930, 239.

[3]) Hurt, R. H., and Schneiderhan, F. J., Calcium sulphide for the control of apple and peach diseases. Virginia Agr. Exp. Stat. Techn. Bull. **36**, 1929.

jedoch Kalziumsulfid wegen seiner geringen äztenden Eigenschaften als Ersatz für Schwefelkalk- und Kupferkalkbrühe.

Die Regenbeständigkeit (Haftfähigkeit) eines Spritzbelages von Schwefelkalkbrühe ist größer als diejenige von Schwefelstäubemitteln oder wäßrigen Schwefelsuspensionen[1]). Zur weiteren Erhöhung der Haftfähigkeit dienen Leim, Gelatine, Kaseinkalk, Natriumsilikat, Öle, Blutalbumin, Magermilch[2]). Kaseinkalk soll nach Goodwin und Martin[3]) nicht wesentliche Mengen überschüssigen Kalks enthalten, da dieser die Schwefelkalkbrühe entwertet.

Die Wirkungsweise der Schwefelkalkbrühe ist noch nicht geklärt. Die insektizide Wirkung beruht nach Wardle und Buckle[4]) darauf, daß Polysulfide eine große Affinität zum Sauerstoff haben, der bei der Anwendung den Schädlingen entzogen wird. Die Wirkung wird von Tartar[5]) durch die Fähigkeit der Brühe, wachsige Ausscheidungen zu lösen und der Abscheidung von freiem Schwefel erklärt. Die Ansicht Tartars, daß Absonderungen von Schwefelwasserstoff bedeutungslos seien, teilt Hollrung[6]) nicht. Die vielfach vertretene Meinung, daß die Wirkung besonders bei tierischen Schädlingen auf der Alkalität beruhe, dürfte nur dann zutreffend sein, wenn die Schädlinge bei der Spritzung von der Brühe getroffen werden, da nach Untersuchungen von Young[7]) die Brühe bald nach der Spritzung bereits pH 6—7 aufweist. Die fungizide Wirkung ist nach Ansicht von Goldsworthy[8]) eine reine Schwefelwirkung, die dadurch zustande kommt, daß die Polysulfide innerhalb der Zelle zu elementarem Schwefel oxydiert werden.

Die Schwefelkalkbrühe wird als Fungizid zur Frühjahrs- und Sommerspritzung in erster Linie zur Bekämpfung der Kräuselkrankheit des Pfirsichs *(Exoascus deformans)*, des amerikanischen Stachelbeermehltaus *(Sphaerotheca mors uv.)*, der Braunfleckenkrankheit der Tomate *(Cladosporium fulvum)*, des Hopfenmehltaus *(Sphaerotheca humuli)* u. a. Mehltaupilze verwendet. Gegen Mehltaupilze an Zierpflanzen empfiehlt sich die Anwendung meist nicht, da die Brühe Spritzflecke hinterläßt, die den Marktwert herabsetzen können. Auch gegen die Schrotschußkrankheit des Steinobstes *(Clasterosporium capophillum)*[9]) und gegen Schorf an Pfirsich *(Cladosporium capophilum)* hat sich die Schwefelkalkbrühe als wirksam erwiesen.

---

[1]) Wisconsin Stat. Bull. **420**, 1931, 18.

[2]) Goodwin, W., und Martin, H., The chemical effect of the addition of a „spreader" to the mixed lime sulfur lead arsenate spray. Journ. agr. Sci. **15**, 1925, 476.

[3]) Yates, W. W., Astudy of the effect of accessory substances on the adherence of lime sulphur spray to the integuments of pine leaf scale, *Chionaspis prinifoliae*. Journ. Econ. Entom. **26**, 1933, 989.

[4]) Wardle, R. A., and Buckle, Ph., The principles of insect control. Manchester 1923.

[5]) Tartar, H. V., On the valuation of lime-sulfur as an insecticide. Journ. Econ. Entom. **7**, 1914, 463—467.

[6]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin. 1923, S. 166.

[7]) Young, H. C., The toxity property of sulphur. Ann. of Missoury Bot. Garden **9**, 1922, 403—435.

[8]) Goldworthy, M. C., The fungicidal action of liquid lime sulphur. Phytop. **18**, 1928, 355—360.

[9]) Faës, H., Staehelin, M., et Bovey, P., Les traitements effectués contre les parasites des arbres, fruitiers, insectes et champignons en 1930—1931. Landw. Jahrb. Schweiz. **47**, 1933, 17—76.

Als Insektizid findet die Schwefelkalkbrühe Anwendung zur Bekämpfung von Schildläusen, Blattläusen, Psylla, Blutlaus, Spinn- und Gallmilben und vor allem gegen die Kräuselkrankheit (Kurzknotigkeit, Akarinose) der Weinrebe. Gegen Blattläuse, Schildläuse und Psylla ist sie aber durch Obstbaumkarbolineum u. a. Ölemulsionen, die eine wesentlich bessere Wirkung zeigen, zurückgedrängt worden.

Bei der Winterbehandlung zur Bekämpfung von Moosen und Flechten an Obstbäumen wird der Schwefelkalkbrühe meist auf 100 l Spritzbrühe 1 kg Eisensulfat zugesetzt. Neuerdings ist auch versucht worden, bei den Sommerspritzungen Eisensulfat, und zwar 100 g auf 100 l, hinzuzufügen.[1])

Nachdem in Amerika schon seit Jahrzehnten die Schwefelkalkbrühe auch zur Bekämpfung von Fusikladium angewendet worden ist, wird sie seit einigen Jahren auch in Europa an Stelle der Kupferkalkbrühe bei den Nachblütenspritzungen mehr und mehr zur Bekämpfung dieser Krankheit verspritzt. Allerdings hat sich die Schwefelkalkbrühe als weniger wirksam als die Kupferkalkbrühe erwiesen, doch zeichnen sich die mit Schwefelkalkbrühe behandelten Äpfel und Birnen durch besonders glatte Schale und schöne Färbung aus. Die bisher angestellten Versuche, die Wirksamkeit der Schwefelkalkbrühe durch Erhöhung der Haftfähigkeit zu steigern, indem man Kaseinkalk, Seife u. a. Stoffe zusetzte, haben bisher noch keinen durchschlagenden Erfolg gehabt. Die Beobachtungen in Amerika, daß durch Zusatz von Bleiarsenat die Wirkung der Schwefelkalkbrühe gegen Fusikladium verbessert werden kann, konnten verschiedentlich auch bei Versuchen in Europa bestätigt werden.[2]) Dabei ist die Frage noch offen, ob es sich nur um eine Verbesserung der Haftfähigkeit handelt oder ob beim Zusatz von Bleiarsenat fungizid besonders wirksame Verbindungen entstehen.

An Stelle der Schwefelkalkbrühe ist vielfach Kaliumpolysulfid oder Schwefelleber verwendet worden. Es ist eine gelbbraune oder gelbgrüne, alkalische, ätzende, in Wasser leicht lösliche Masse. Sie besteht aus Polysulfiden, Sulfiden, Thiosulfaten und Sulfaten der Alkalien. Wirksame Verbindungen sind die Polysulfide. Die Herstellung der Mittel erfolgt nach verschiedenen Verfahren. Kaliumschwefelleber erhält man durch Zusammenschmelzen von 1 Teil Schwefel mit 2 Teilen trockenem $K_2CO_3$ oder durch Eindampfen eines Gemisches von 10 Teilen $K_2CO_3$, 4 Teilen Schwefel und 3 Teilen Wasser zur Trockne. Nach englischen Vorschriften soll nur Kalischwefelleber für den Pflanzenschutz mit 42—45% Schwefel benutzt werden; ein brauchbares englisches Präparat enthielt 28% Polysulfid-, 9% Monosulfid-, 9% Thiosulfat- und 2% Sulfatschwefel. Schwefelleber wird als Sommerspritzmittel 0,2—0,4%, als Winterspritzmittel 3—5% verwendet. Das Mittel hat jedoch gegenüber der Schwefelkalkbrühe den Nachteil, daß es leicht Verbrennungen hervorruft und noch geringere Haftfähigkeit hat. Die gleichen Mängel haften den Natrium- und Ammoniumpolysulfiden an. Ein besonders gut haftendes und befriedigend wirkendes Mittel stellten

[1]) Erni, W., Bekämpfung der Schrotschußkrankheit und tierischen Schädlinge der Steinobstbäume. Schweiz. Ztschr. f. Obst- u. Weinbau **39**, 1930, 35—38.

[2]) Loewel, E. L., Der augenblickliche Stand der Mittelfrage in der Fusicladiumbekämpfung im niederelbischen Obstbaugebiet. Gartenbauwiss. **8**, 1934, 125—134.

Newton und Hastings[1]) durch Mischen einer Lösung von Kaliumpolysulfid und Kaliumresinat (harzsaurem Kalium) her.

Bariumpolysulfid zeigt in erster Linie fungizide und nur in geringem Maße insektizide Wirkung. Es ist nach verschiedenen Verfahren z. B. durch Zusammenschmelzen von Schwerspat oder Bariumoxyd mit Kohle und Schwefel bei hoher Temperatur erhältlich. Auf nassem Wege scheint man zu Präparaten mit weniger Polysulfidschwefelgehalt zu gelangen. Die Produkte stellen in Wasser leicht lösliche Gemische von Bariumpolysulfid, Bariumsulfid und Bariumthiosulfat vor, von denen das erste wertbestimmend ist. Ihre pulverförmige Beschaffenheit gilt als Vorteil gegenüber den flüssigen Schwefelkalkstammbrühen. Ein Präparat mit verhältnismäßig viel Polysulfidschwefel (25% und mehr) ist Solbar von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen. Das Mittel läßt beim Lösen von der Herstellung herstammende Kohle zurück. Es findet hauptsächlich Verwendung für die Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaus und der Kräuselkrankheit der Rebe, und zwar als Sommerspritzmittel 1%ig, als Winterspritzmittel 3—5%ig.

Wegen der umständlichen Herstellung der Schwefelkalkbrühe werden in Amerika vielfach die „self-boiled lime sulfur"-Brühen angewendet. Da diese Brühen geringere Wirkung und geringere Haltbarkeit als die Schwefelkalkbrühe zeigen und außerdem leicht Verstopfungen der Spritzgeräte hervorrufen, haben sie in Europa keine weitere Verbreitung gefunden. In Amerika werden sie aber, weil sie dort weniger Verbrennungen als die Schwefelkalkbrühe hervorrufen, vielfach heute noch verspritzt. Self-boiled lime sulfur bereitet Husz[2]), indem er 14,5 kg frischgebrannten Kalk in 20—25 l Wasser löst und dabei allmählich die ebenfalls in Wasser zu einem Brei verrührten 14,5 kg Schwefelpulver zusetzt. Wichtig ist dabei der rechtzeitige Abbruch der chemischen Vorgänge durch Wasserzugabe, die nach 5 Minuten erfolgen soll, sobald die Farbe des Schwefels ins Braune übergeht; die gesamte Arbeit soll nur 15—20 Minuten in Anspruch nehmen. Die Stammlösung wird auf 750 l verdünnt und sofort verbraucht.

Eine Schädigung der Pflanzen durch Anreicherung des Schwefels im Boden ist nicht zu befürchten. Stäubeschwefel verursacht zwar ein Brennen in den Augen, und es empfiehlt sich daher, bei der Anwendung eine Schutzbrille zu tragen; ernstliche gesundliche Schäden werden aber durch schwefelhaltige Mittel bei Menschen und Tieren nicht verursacht. Wenn auch im allgemeinen durch schwefelhaltige Mittel nur geringe Schäden (Verbrennungen an Pflanzen) hervorgerufen werden, so gibt es doch auch Fälle, in denen kupferhaltige Mittel besser als schwefelhaltige ertragen werden. So sind folgende Stachelbeersorten gegen Schwefel sehr empfindlich und werfen oft nach der Behandlung mit solchen die Blätter ab: Antagonist, Drums Major, Früheste von Neuwied, Früheste Gelbe, Gelbe Riesenbeere, Große Gelbe, Grüne Edelbeere, hellgrüne Samtbeere, Langley Gage, Leader, Macherauchs Sämling, Maurers Sämling, Rote Eibeere, Runde Gelbe. Auch an Pfirsichen zeigen sich leicht Schädigungen

---

[1]) Newton, W., and Hastings, R. J., A new sulphur-resin spray. Scientific Agric. Ottawa **11**, 1930, 26—28.

[2]) Husz, A., (Einige Worte zum Spritzen unseres Steinobstes.) Növényvédelem **5**, 1929, 21—22 (ung.).

nach Behandlung mit schwefelhaltigen Mitteln. Nach Kotte[1]) sind Schäden an folgenden Apfelsorten durch Schwefelkalkbrühe beobachtet worden: Ontario-Apfel, Danziger Kantapfel, Rhein-Winterrambour, Transparent von Croncel, Berlepsch Renette, außerdem auch an Diels Butterbirne. Loewel[2]) berichtet über Verbrennungsschaden durch Schwefelkalkbrühe an Lord Grosvenor. Unter besonderen Verhältnissen treten aber auch an anderen Pflanzen bei Anwendung von schwefelhaltigen Mitteln Verbrennungen auf. Nach Wallace[3]) unterscheiden sich die durch Schwefelkalkbrühe verursachten Verbrennungen von denen durch kupferhaltige Mittel hervorgerufenen insofern, als sie sich bald nach der Spritzung zeigen, während Verbrennungen durch Kupfer oft erst nach Wochen sichtbar werden. Verbrennungen durch Schwefelkalkbrühe werden ebenfalls durch Verletzungen an Blättern, durch Schorfflecke, Stichstellen von Insekten usw. begünstigt. Schlecht ernährte Bäume werden stärker als gut ernährte geschädigt. Schädigungen bei Vorblütenspritzungen äußern sich darin, daß die Spitzen der kleinen Blättchen braun werden. In schweren Fällen werden ganze Blättchen verbrannt und die Entwicklung der Blütenknospen gehemmt. An älteren Blättern zeigen sich bei Verbrennungen durch Schwefel kleine Flecke über die Blattfläche verteilt oder auch unregelmäßig geformte braune Stellen.[4]) Nach Kotte[5]) äußern sich Verbrennungen durch Schwefelkalkbrühe bei einzelnen Sorten in verschiedener Weise. Bei der Sorte Ontario haben die Flecken ein ähnliches Aussehen wie bei Verbrennungen durch Kupferkalkbrühe, während bei der Berlepsch Renette und beim Danziger Kantapfel kupferrote bis braune Färbung der Blattoberseite zu beobachten ist. Im allgemeinen nimmt man an, daß durch höhere Temperaturen Verbrennungen durch schwefelhaltige Mittel begünstigt werden. Nach Howlett und May[6]) beginnt bei 26,5 °C die Gefahr der Verbrennung durch schwefelhaltige Mittel. Kotte gibt an, daß im Bodenseegebiet die Schäden durch Schwefelkalkbrühe zunehmen, wenn bei heißem Wetter gespritzt wird. Wenn die Temperaturen sich 30 °C nähern, kann nach seiner Ansicht Schwefelkalkbrühe gefährlich werden. Dutton[7]) konnte in manchen Fällen diese Feststellungen bestätigen, in anderen Fällen wurden bei Temperaturen von 35 °C keine, bei bedeutend niedrigeren Temperaturen (4—5 °C) starke Verbrennungen beobachtet. Die hohe Temperatur schadete nicht, weil vor der Behandlung längere Zeit trockene Witterung herrschte und die Luftfeuchtigkeit nur gering war. Im zweiten Falle war dagegen die Luftfeuchtigkeit sehr hoch. Die Schäden durch Schwefelkalkbrühe sind abhängig von der Stärke der verwendeten Brühe. Nach Howlett und May[8]) wurde nach

---

[1]) Kotte, W., Spritzmittelschäden im Obstbau. Gartenbauwiss. **5**, 1931, 525—540.

[2]) Loewel, E. L., Der augenblickliche Stand der Mittelfrage in der Fusicladiumbekämpfung im niederelbischen Obstbaugebiet. Gartenbauwiss. **8**, 1934, 125—134.

[3]) Wallace, E., Spray injuries induced by lime-sulfur preparations. Corn. Un. Exp. Stat. Bull. **288**, 1910.

[4]) Dutton, W. C., Spray injuries I u. II. Michigan Exp. Stat. Spec. Bull. **218** u. **219**, 1932.

[5]) Kotte, W., Spritzmittelschäden im Obstbau. Gartenbauwiss. **5**, 1931, 525—540.

[6]) Howlett, F. S., and May, E., The relation of lime sulfur to the abscission of young apples. Phytop. **19**, 1929, 1001—1007.

[7]) Dutton, W. C., Spray injuries I u. II. Michigan Exp. Stat. Spec. Bull. **218** u. **219**, 1932.

[8]) Howlett, F. S., and May, E., The relation of lime sulfur to the abscission of young apples. Phytop. **19**, 1929, 1001—1007.

Anwendung von Brühen von 1 : 40 und 1 : 60 (Schwefelkalkbrühe 32—33° Baumé) bei den Apfelsorten Ensee und Grimes ein Teil der Früchte abgeworfen, bei Schwefelkalkbrühe 1 : 100 jedoch nicht mehr.

Schwefelkohlenstoff, $CS_2$, wird durch Einwirkung von Schwefeldampf auf glühende Kohle gewonnen. Zur Schädlingsbekämpfung benutzt man rohen, wegen geringen Gehaltes an organischen Schwefelverbindungen und gebundenem Schwefelwassserstoff gelbgefärbten, unangenehm riechenden Schwefelkohlenstoff mit dem spezifischen Gewicht von etwa 1,293. Reiner Schwefelkohlenstoff, farblos, ohne widerlichen Geruch, zeigt das spezifische Gewicht 1,2684 und den Siedepunkt 46,5° C. Schwefelkohlenstoff entzündet sich schon an 180° heißen Flächen und gibt mit Luft explosive Dämpfe. Nach White[1]) ist schon Luft mit 1,1% Schwefelkohlenstoff, nach Berl und Fischer[2]) Luft mit 2,2% Schwefelkohlenstoff explosiv. Schwefelkohlenstoff wirkt eingeatmet und beim Eindringen in die Haut giftig. Bei akuter Vergiftung erzeugt er Benommenheit, Schlaffheit, Unempfindlichkeit, Erlöschen der Reflexe, Bewußtlosigkeit, bei chronischer Vergiftung Kopf- und Gliederschmerzen, Muskelschwäche, Lähmungen, Gefühllosigkeit, Übelkeit, Darmstörungen, Abmagerung, Störungen des Sehvermögens, des Geruchs und Geschmacks, Neuritis, Gedächtnisschwäche, Geisteskrankheiten. Vgl. die Berichte von Voitel[3]) und Kötzing.[4])

Schwefelkohlenstoff wird in erster Linie zur Vertilgung von Insekten im Boden und auch von Nagetieren verwendet (S. 191). Zur Bekämpfung des ungleichen Borkenkäfers *(Xyleborus dispar F.)* werden mit Schwefelkohlenstoff getränkte Watteflöckchen tief in das Borloch hineingeschoben und dann mit Kitt, Lehm, Wachs u. dgl. sofort geschlossen.[5]) Blausieb *(Zeuzera pyrina)* und Weidenbohrer *(Cossus cossus)* können durch Einspritzungen von Schwefelkohlenstoff in die Bohrgänge vernichtet werden. Vorräte können ebenso wie Reben in besonderen Desinfektionskästen mit Schwefelkohlenstoff entseucht werden.[6])

Zur Verlangsamung seiner ziemlich schnell erfolgenden Verdunstung sind Mischungen von Schwefelkohlenstoff mit anderen Stoffen wie Nitrobenzol (Horlin), Tetrachloräthan (Sulfoergethan), Naphthalin (Hetrochin), Fischtran (Natol) im Handel erschienen, doch scheinen damit beträchtliche Wirkungssteigerungen nicht erreicht zu werden.[7]) Auch das in konzentrierter, dunkelroter

[1]) White, A. G., Grenzen für die Fortpflanzung der Flamme in Dampfluftmischungen. Journ. Chem. Soc. London **121**, 1922, 1244—1270; 2561—2577; Ref. Chem. Zbl. 1922, III, 1319; 1923, III, 1338.

[2]) Berl, E., und Fischer, H., Untersuchungen an explosiblen Gas- und Dampfluftgemischen. Ztschr. f. Elektrochemie **30**, 1924, 29—35; Ref. Chem. Ztrbl. 1924, I, 1158—1159.

[3]) Voitel, Zentralbl. Gewerbehygiene Unfallverhütung **16**, 56; Ref. Chem. Ztrbl. 1929, I, 2442.

[4]) Kötzing, K., Chronische gewerbliche Schwefelkohlenstoffvergiftung. Samml. v. Vergiftungsfällen **4**, Abt. A, 1933, 251—254; Ref. Chem. Ztrbl. 1934, I, 1521.

[5]) Schneider-Orelli, O., Die Bekämpfung des ungleichen Borkenkäfers *(Anisandrus dispar)* an Obstbäumen mittelst Schwefelkohlenstoff. Ztschr. f. angew. Entom. **4**, 1917, 147—148.

[6]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 132.

[7]) Börner, C., und Thiem, H., Neuere Mittel zur Reblausbekämpfung. 1. Das Vernichtungsverfahren mittels Tetrachloräthangallerte (Ergethan). 2. Die Schutzbehandlung mittels Grethers Sulfoergethan. 3. Die Reblausbekämpfung mittels Horlin. Mitt. d. Biol. Reichsanst. **21**, 1921, 167—181.

Lösung in den Handel gebrachte, mit $CO_2$ und $H_2O$ des Bodens $CS_2$ und $H_2S$ gebende Kaliumsulfokarbonat (Kaliumtrithiokarbonat), $K_2CS_3$, sowie das farblose, sehr leicht wasserlösliche, ebenfalls Schwefelkohlenstoff liefernde Kaliumxanthogenat, $CS(OC_2H_5)$ SK, haben trotz guter Wirksamkeit keine größere Bedeutung gefunden. Viel verwendet wird ein Gemisch von Schwefelkohlenstoff mit dem Seifenpräparat „Sapikat" im Verhältnis 4 : 1. Der sog. „mischbare Schwefelkohlenstoff" besteht aus 40,5% Schwefelkohlenstoff, 49,5% Rhizinusöl, 2,2% KOH, 5,1% Alkohol und 2,7% Wasser. Eine gegen verschiedene Schädlinge wirksame und auch haltbare Schwefelkohlenstoffemulsion wird nach Lipp[1]) durch portionsweise Zugabe von 50 g pulverisiertem Harz zu 135 ccm 7% warmer Natronlauge bereitet; dazu fügt man 450 ccm heißes Wasser, bewegt bis zur Lösung des Harzes, gibt weiter 50 ccm Ölsäure hinzu, kühlt ab und vermischt 3 Teile der Seifenlösung mit 7 Teilen Schwefelkohlenstoff. Die Mischung läßt sich auch kalt herstellen. Schwefelkohlenstoff mit $CO_2$ (2 : 9) kann nach Stracener[2]) gegen Schädlinge in lagerndem Reis verwendet werden. Diese Mischung ist nicht brennbar.

### 5. Phosphor und Phosphide

Phosphor, P, wird als farbloser („gelber") Phosphor zur Schädlingsbekämpfung verwendet. Sein Schmelzpunkt liegt bei 45,5°, sein Siedepunkt bei 290°, sein spezifisches Gewicht beträgt 1,83. Er ist in Wasser nicht, in Alkohol und Äther wenig, in fetten Ölen mehr und in Schwefelkohlenstoff leicht löslich. An der Luft entzündet er sich schon bei 60°, d. h. 15° über dem Schmelzpunkt. Lösungen von Phosphor, die auf großen porösen brennbaren Oberflächen verdunsten, geben daher leicht zu Selbstentzündungen Veranlassung.

Seine Anwendung findet Phosphor in Mischungen mit Fett, Talg, Ölen, Sirup, Mehl, Fischen usw., oft unter Zusatz besonderer Lockstoffe (z. B. Anisöl) als Brei, Paste (Latwerge) oder Pillen. Der so nach zahlreichen Rezepten[3]) bereitete Giftköder wird gegen Nagetiere[4]) (Ratten, Wühlmaus, Feldmaus usw.), gegen Krähen[5]) (eingefüllt in leere Hühner- oder künstliche Porzellaneier als sog. „Kräheneier"), gelegentlich auch gegen Gewächshausschädlinge (Grillen, Schaben usw.) benutzt.

---

[1]) Lipp, J. W., An improved carbon disulfide emulsion for the control of larvae of the japanese beetle and other insects. Journ. Econ. Entom. **20**, 1927, 801—805.

[2]) Stracener, Ch. L., Insects of stored rice in Louisiana and their control. Journ. Econ. Entom. **27**, 1934, 767—771.

[3]) Reichsgesundheitsamt, Die Bekämpfung der Ratten und Hausmäuse. Merkbl. des Reichsgesundheitsamtes. Springer, Berlin 1930 (4. Aufl.); Neumark, E., u. Heck, H., Über Rattenvertilgungsmittel. Ztrbl. f. Bakteriol. I. Abt. **87**, 1921, 39; Koller, R., Das Rattenbuch. M. u. H. Schaper, Hannover 1932; Schander, R., u. Götze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Ztrbl. f. Bakteriol. II. Abt. **81**, 1930, 260—284, 335—367, 481—501.

[4]) Saling, Th., Rattenbüchlein. Deleiter, Dresden 1928; Schwartz, M., Die Rattenvertilgung als öffentliche Angelegenheit. Desinfektion **7**, 1922, Heft 4; Korff, G., Mittel zur Bekämpfung der Feldmäuse. Prakt. Blätter für Pflanzenschutz **3**, 1925, 25.

[5]) Baunacke, W., Die Mittel zur Vertilgung von Krähen und anderen Rabenvögeln. Die kranke Pflanze **6**, 1929, Beilage: Merkbl. Nr. 7.

Phosphide des Kalziums, Zinks und Aluminiums haben in der Schädlingsbekämpfung Verwendung gefunden. Das an der Luft leicht Phosphorwasserstoff, $PH_3$, abgebende Kalziumphosphid, $Ca_3P_2$, ist zur Durchgasung von Nagetierbauen[1]) (Ratten, Wühlmaus usw.) sehr brauchbar; aus hygienischen Bedenken ist jedoch die Anwendung in Gebäuden verboten und selbst die Anwendung im Freien eingeschränkt.[2]) Das als „Fosfolon“ [3]) in leicht handlicher Form hergestellte Kalziumphosphid hat zudem gegen Bodenschädlinge (Werren, Drahtwürmer, Engerlinge) keine zufriedenstellende Brauchbarkeit gezeigt. Das an der Luft beständige Zinkphosphid, $Zn_3P_2$, kommt als schwarzes Phosphidpulver[4]) zur Selbstherstellung von Giftködern in den Handel oder wird als Phosphor- oder Phosphidgetreide[7]) geliefert, es hat demnach eine Luftbeständigkeit, die eine Anwendung als Fraßgift ($PH_3$-Entwicklung durch die Magensäure) gegen Nager gestattet. Als leicht angefeuchteter, gut streufähiger Bruchreis-Phosphidköder[4, 5]) hat Zinkphosphid gegen Maulwurfsgrillen, als Johannisbrotschrot-Phosphidköder gegen Wühlmaus[4, 6]) ausgedehnte Anwendung gefunden, stieg doch der Verbrauch von Zinkphosphid gegen Wühlmaus im Regierungsbezirk Kassel von 20 kg (1932) auf 650 kg (1934) und betrug der Verbrauch des Mittels 1934 in Italien gegen Maulwurfsgrillen 25 t.[7]) Als Aluminiumphosphid, AlP, hat sich noch ein den Kornkäfer nebst Brut im Getreide sicher abtötendes deutsches Handelspräparat[8]) durchgesetzt, das unter Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln[9]) gefahrlos angewendet werden kann und daher unter erleichterten gesetzlichen Bestimmungen[9]) in Deutschland benutzt wird.

Die dem Phosphor eigene leichte Selbstentzündlichkeit sucht man durch Zusatz von Fetten und Ölen weitgehend zu unterbinden, Beistoffe, die auch eine zu schnelle Oxydierung und Entgiftung der Phosphorköder verhindern. Auch bei Aluminiumphosphid liegen die bei Kornkäferbegasungen erhaltenen $PH_3$-Konzentrationen (0,0056 Vol.%) weit unter der für Phosphorwasserstoff bestehenden unteren Explosionsgrenze (1,79—1,89 Vol.%), so daß bei sachgemäßer Arbeit Explosionen nicht zu befürchten sind.[9])

---

[1]) Piepenburg, A., Mittel zur Wühlmausbekämpfung. Die Gartenwelt **33**, 1929, 540.

[2]) Verordnung über die Verwendung von Phosphorwasserstoff zur Schädlingsbekämpfung vom 6. April 1936 (RGBl. I, 360).

[3]) Rebmann, O., Über ein neues Schädlingsbekämpfungsmittel (Fosfolon). Ztschr. f. Gesundheitstechnik u. Städtehygiene **25**, 1933, 279—284; Mayer, K., Beitrag zur Kenntnis von Fosfolon als Schädlingsbekämpfungsmittel. Ebenda **26**, 1934, 377—384.

[4]) Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. Flugblatt **165—169** der Biol. Reichsanst.; Merkblatt Nr. **8/9** des Deutschen Pflanzenschutzdienstes.

[5]) Malenotti, E., Ergebnisse in der Bekämpfung der Maulwurfsgrille in Italien. Verhandlungen d. Dtsch. Ges. f. angew. Entom. Sitzungsber. 8. Jahresvers. Berlin 1931, S. 45.

[6]) Meyer-Hermann, K., Rumetan-Johannisbrotschrot, ein brauchbares Mittel zur Wühlmausbekämpfung. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 28—29 (vgl. auch Dtsch. Landw. Presse **62**, 1935, 181).

[7]) Chem. Ind. 1936, 51 (zit. nach Peters, G., Chemie und Toxicologie der Schädlingsbekämpfung. Stuttgart 1936).

[8]) Laue, G., Der Phosphorwasserstoff in der Schädlingsbekämpfung. Ztschr. f. hygien. Zool. u. Schädlingsbek. **29**, 1937, 275—280.

[9]) Freyberg, W., Anleitung zur Anwendung der Delicia-Kornkäferbegasung (Phosphorwasserstoff). Eigenverl. E. Freyberg, Chem. Fabrik Delitia, Delitzsch II. Aufl. 1938.

Mit der Giftwirkung des Phosphors[1]) hat man, da nach der Erfindung der Phosphorstreichhölzer im Jahre 1833 der Giftstoff überall zugänglich war und zu sehr vielen Mord- und Selbstmordfällen Gelegenheit bot, sich ausreichend beschäftigen können. Die Giftwirkung hat man durch Bildung von phosphoriger oder Phosphorsäure oder Phosphorwasserstoff oder durch übermäßige Ozonisierung des Blutsauerstoffs erklärt. Der Phosphor wird als Dampf oder in Wasser oder durch das Körperfett gelöst und vom Blut aufgenommen. Nach Fröhner ist Phosphor ein heftiges Stoffwechsel- und Zellgift, das hochgradigen Zerfall des Zelleiweißes und Umwandlung der Zellbestandteile namentlich der Drüsenzellen in Fett bewirkt.

Als Krankheitssymptome verursachen Phosphor und Phosphorwasserstoff Zittern, Mattigkeit, Übelkeit, Erbrechen (leuchtender und knoblauchartig riechender Massen), Schwindel, Kopf- und Leibschmerzen, Durchfall, beschleunigten Puls und sinkenden Blutdruck, bei schweren Fällen: Atemnot, Lungenödem, Herzschwäche und Tod. Letzterer tritt trotz großer Einzelgaben oft erst nach Tagen ein. Die Wirkung wird daher als schleichend bezeichnet, eine Annahme, die nicht allgemein ist. Neben Blutveränderung sind bei chronischen Vergiftungen in den Kiefern und Zähnen Nekrosen, Knochenumbildungen und Schrumpfungen der Niere und Leber beobachtet. Als Gegengabe sind Brechmittel ($CuSO_4$) oder oxydierende Mittel ($KMnO_4$, $H_2O_2$, $Co(NO_3)_2$, auf keinen Fall phosphorlösende Stoffe (Fette, Öle, Milch) zu verabreichen.

Die letale Dosis für „gelben" P bei Menschen wird mit 0,1—0,5 g angegeben. Je nach Widerstandsfähigkeit der Personen haben allerdings auch 0,05 g schon zum Tode und 0,3—0,5 g nur zu leichten Erkrankungen geführt.[1]) Der Tod tritt meist nach 2—3 Tagen, oft innerhalb 7, vereinzelt erst nach 12 bis 15 Tagen sein. Nach dem Arzneibuch für das Deutsche Reich beträgt die zulässige größte Einzelgabe 0,001 g, die größte Tagesgabe 0,005 g. Vergiftungen durch phosphorhaltige Schädlingsbekämpfungsmittel dürften beim Menschen — abgesehen von Selbstmorden — kaum vorgekommen sein. Da der widerliche knoblauchartige Geruch abschreckt, werden die Phosphorköder daher als besonders geeignet für die Rattenbekämpfung gehalten.[2])

Die letale Dosis für $PH_3$ bei Menschen wird mit 0,01 mg im Liter bei sechsstündiger Einwirkung und von 0,1 Vol.% bei einstündiger Einwirkung angegeben. Die Möglichkeit einer Schädigung des Menschen bei Verwendung von $PH_3$ zur Schädlingsbekämpfung ist demnach leicht gegeben; es bedarf schon besonderer Anwendungsmethoden und -vorschriften, um diese Gefahr, wie bei dem Aluminiumphosphid, zu bannen.[3])

Die letale Dosis für P bei Nutztieren beträgt nach Raebiger[4]) für

[1]) Lewin, L., Gifte und Vergiftungen. Stilke, Berlin 1929; Fröhner, E., Lehrbuch der Toxikologie für Tierärzte. Stuttgart 1927; Flury, F., Über Phosphorwasserstoff. Anzeiger f. Schädlingskunde **13**, 1937, 26—28.

[2]) Schwartz, M., Die Rattenvertilgung als öffentliche Angelegenheit. Desinfektion **7**, 1922, Heft 4.

[3]) Laue, G., s. S. 433; Freyberg, W., s. S. 433.

[4]) Koller, R., Das Rattenbuch. Hannover 1932.

Pferde und Rinder 0,5 g, für Schafe, Schweine und Hunde: 0,05—0,2 g, für Katzen und Geflügel: 0,01—0,03 g. Der für den Menschen widerliche Knoblauchgeruch schreckt Haustiere nicht in gleicher Weise ab, denn eine große Zahl von Verlusten liegen vor, bei denen Haustiere aller Art (Pferde, Kühe, Schweine, Hunde, Geflügel usw.) — oft auf der Weide — durch freiliegende oder unsachgemäß ausgelegte Phosphorlatwerge vernichtet wurden.[1])

Auf die Nager wirkt der Knoblauchgeruch anlockend, wenn der Phosphorgehalt nicht über 4% P steigt; weniger als 2% sind nicht wirksam. Mit zunehmendem Körpergewicht steigt die Widerstandsfähigkeit der Nager. Als letale Dosis werden für Phosphorzink 0,03—0,05 g je 100 g Rattengewicht, für Phosphor 0,04—0,05 g je 100 g angegeben.[2]) Phosphorlatwerge in größerer Menge bleibt auch bei offener Büchse ziemlich lange haltbar, während sie, in kleinen Ködern verteilt, recht schnell durch Oxydation unwirksam wird.[2]) Die Phosphorpräparate verändern sich im Tierkörper sofort, so daß die an ihnen eingegangenen Nager keine Gefahr mehr für Niederwild (Füchse) und Raubvögel darstellen.[3])

## 6. Fluorverbindungen

### α) Geschichte der Anwendung der Fluormittel

Alle Untersuchungen und praktischen Anwendungen von Fluormitteln als Insektizide[4]) sind in Richtung des Arsenersatzes vorgenommen: man kannte die Gefährlichkeit der Arsenpräparate für Mensch und Nutztiere und suchte in den Fluorverbindungen gleich wirksame, jedoch hygienisch unbedenklichere Mittel.

Die erste nachweisliche Anwendung fanden Fluorverbindungen als Natriumsilicofluorid zur Insektenbekämpfung im Jahre 1896 in England[5]); ein britisches Patent (Nr. 8236) sah die Verwendung von Fluormitteln im gleichen Jahr bereits gegen den Kartoffelkäfer vor. Natriumfluorid wurde erstmalig 1915 gegen Küchenschaben (Marlatt), 1916 gegen Ameisen (Gibson), 1917 gegen Geflügelläuse (Bishopp und Wood), 1923 gegen Ohrwürmer (Fulton), 1924 gegen Heuschrecken und Erdraupen (Ripley) angewandt. Die Versuche hatten die Brauchbarkeit der Fluoride als Spritz- und Stäubemittel nicht gebracht, man griff daher auf die Fluorsilikate zurück. Vom Jahre 1924 an beginnt, vornehmlich in USA., die lange Reihe der Untersuchungen, bei denen insbesondere Natriumsilicofluorid, Bariumsilicofluorid und Kryolith verwendet und in vielfachen Versuchen miteinander und mit Arsenmitteln verglichen wurden.[6]) Der Umfang dieser Untersuchungen ist aus der monographischen Literaturbearbeitung von R. H. Carter[7]) zu ersehen, die über 600 Titel berücksichtigt. Inzwischen haben sich fluorhaltige Insektizide in die Praxis eingeführt, sie werden in Deutschland vielfach zur Ungezieferbekämpfung, jedoch nur in beschränktem Umfange im Pflanzen-

[1]) Fröhner, E., Lehrbuch der Toxikologie für Tierärzte. Stuttgart 1927.

[2]) Schander, R., u. Götze, G., s. S. 432, Fußnote 3.

[3]) Stadie, R., Über die direkte und indirekte Wirkung der Mäusevernichtungsmittel auf Vögel. Ber. Ver. schles. Ornithologie 18, 1933, 14—19.

[4]) Vgl. die Zusammenstellungen von Martin, H., Trappmann, W., zit. S. 382.

[5]) Metcalf, C. L., s. S. 380.

[6]) Delage, B., Travaux récents sur les insecticides et anticryptogamiques. Revue de Phytopharm. Ann. Agron. 1, 1931, 3 Abb.

[7]) Carter, R. H., The fluorine compounds as insecticides. A monogr. with annotated bibliography (1898—1934). U. S. Dept. Agric., Bur. of Entom. Washington 1937.

schutz verwendet[1]), sie haben aber im Ausland für den Pflanzenschutz eine große Bedeutung erlangt, ohne jedoch die Vorherrschaft der Arsenmittel brechen zu können. Immerhin wurden nach Roark[2]) im Jahre 1934 in USA. 4000000 pds. Natriumfluorid verbraucht.

### β) Allgemeines über die Anwendung der Fluormittel

Das Suchen nach arsenfreien Schädlingsbekämpfungsmitteln[3]) hat zur Untersuchung und versuchsweisen Anwendung fast aller Fluorverbindungen geführt. So wurden sowohl die Fluoride als auch die Silicofluoride des Natriums, Kalziums, Magnesiums, Mangans, Ammoniums, Aluminiums, Bleis, Strontiums, Kupfers und Bariums untersucht, von denen jedoch nur Natriumfluorid, Natrium- und Bariumsilicofluorid und das als Kryolith bekannte Natriumaluminiumfluorid größere praktische Bedeutung gewannen.[4])

Die Möglichkeit einer Verwendung fluorhaltiger Spritz- und Stäubemittel[6]) zur Schädlingsbekämpfung wird stark eingeschränkt durch die Wasserlöslichkeit vieler Fluorverbindungen, da mit steigender Wasserlöslichkeit die Gefahr der Pflanzenschädigungen gegeben ist. Die Fluorverbindungen sind daher in der Reihenfolge Barium—Alkalisalze zur Behandlung der Pflanzen in abnehmendem Maße ungeeignet. Außerdem führen die Fluoride eher zu Verbrennungen als die Silicofluoride. Als Spritzmittel haben sich daher zur Behandlung von Pflanzenbeständen auch nur Bariumsilicofluorid und Kryolith als brauchbar erwiesen. Sie wurden je nach der Empfindlichkeit der Pflanzen in einer Menge von 3—4 lbs. auf 100 gals. Wasser verwendet. Versuchsweise wurden von Gimingham und Tattersfield auch Natrium- und Kaliumsilicofluorid als Spritzbrühe verwandt.[5])

Zur Erhöhung der Haftbeständigkeit wird der Zusatz von 1,5 pds. Mehl zu 100 gals. Spritzbrühe empfohlen, auch können dem Bariumsilicofluorid und Kryolith bei der Herstellung Sulfitzelluloseablaugen mit einem geringen Zusatz von Natriumkaseinat als Schutzkolloid beigegeben werden.[6])

---

[1]) Riehm, E., Über die Verwendung von Fluorpräparaten zur Schädlingsbekämpfung. Apotheker-Zeitung 1927, Nr. 10; Marcovitch, S., and Stanley, W. W., Cryolite and barium fluorsilicate, their use as insecticides. Univ. of Tennessee Agric. Exper. Stat. Bull. **140**, 1929 und 1934; Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. Flugbl. Nr. **165—169** der Biol. Reichsanst. 19. Aufl. 1938.

[2]) Roark, R. C., Insecticides and fungicides. Ind. and Engin. Chem. **27**, 1935, 530.

[3]) Heil, K. H., Zur Frage des Ersatzes der Arsenmittel im Pflanzenschutz. Anz. f. Schädlingskunde **13**, 1937, Nr. 8, 96—101; Dobrosmuislov, D. I., Toxizität der Fluor- und Kieselfluorpräparate (Russisch mit deutscher Zusammenfassung). Trans. Inst. Fertil. Leningrad 1935, Nr. 123, 179—184; Wilson, H. F., Will Fluorine compounds be accepted as insecticides? Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 291.

[4]) Marcovitch, S., u. Stanley, W. W., Control of the Mexican bean beetle by a new and improved form of cryolite. Tennessee Agric. Exper. Stat. Circ. **56**, 1936; de Long, D. M., The present status of cryolite as an insecticide. Ohio Journ. Science **34**, 1934, 175—206; Diamond, V. R., Barium fluorsilicate as a control for cabbage worm. *(Pieris rapae L.)* Journ. econ. Entom **28**, 1935, 714—715; Götze, G., u. Schleusener, W., Versuche zur Bekämpfung der Weidenblattkäfer. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **42**, 1932, 49—58; Vinas, J., Les vers de la vigne et les poudrages au fluorsilicate de baryum en 1934. C. R. Acad. **35**, 1935, 507—513; Newcomer, E. J., and Carter, R. H., Studies of fluorine compounds for controlling codling moth. U.S. Dept. Agric. Techn. Bull. **373**, 1933, Ripley, L. B., and Hepburn, G. A., Stalk-borer in Maize Effect of trop-dressing. Farming in South-Africa **4**, 1929, 353.

[5]) Gimingham, C. T., and Tattersfield, F., Laboratory experiments with non-arsenical insecticides for biting insects. Ann. appl. Biol. **15**, 1928, 649—658.

[6]) Franz. Patent 758010, Electro Chemical Proc. Ltd.

Zur Erhöhung der Haftbeständigkeit der Spritzbrühen setzten Newcomer und Carter[1]) dem Bariumsilikofluorid noch Leinsamenöl (1 pint auf 100 gals.) zu, Houser und Neiswander benutzten zu demselben Zweck „dry lignin pitch".[2])

Die Kombinationen der Fluorverbindungen mit Kupfer- und Schwefelkalkbrühe zur Erreichung einer gleichzeitigen insektiziden und fungiziden Wirkung[3]) und mit Ölspritzmitteln oder Nikotin- und Derrismitteln zur gleichzeitigen Bekämpfung von beißenden und saugenden Insekten und Spinnmilben sind möglich und wurden versuchsweise angewandt[4]), allerdings liegen auch Angaben vor, nach denen die Kombinationen mit Kupfer- und Schwefelkalkbrühe und mit Nikotinsulfat nicht günstig sein sollen.[5])

Als Stäubemittel wurden die Fluorverbindungen anfangs als Kalium- und Natriumsilicofluorid, später als Kalzium- und Bariumsilicofluorid und als Kryolith, selten allein, meist jedoch mit einem Streckmittel (Schwefel, Kalk, Talkum, Tabakstaub, Kieselgur, Kiesmehl, Abfallmehl usw.) gegen die verschiedensten beißenden Insekten (mexikanische Bohnenkäfer, Kartoffelkäfer, Erdflöhe, Obstmade, verschiedene Raupen, Afterraupen usw.) in den verschiedensten Mengenverhältnissen angewendet.[6]) Die Fluorverbindungen sind durchweg wesentlich schwerer als die Arsenstäubemittel, ihre Verstäubbarkeit ist daher weit weniger günstig als bei diesen.[7]) Auch benötigt man, um die gleiche Volummenge und damit die gleiche Wirkung zu erreichen, zwei- bis dreimal größere Gewichtsmengen als bei den Arsenstäubemitteln. Man hat daher versucht, z. B. Natriumsilicofluorid bei der Herstellung in Höhe von 10—20% seines Gewichtes mit kolloidaler Kieselsäure zu „inkorporieren".[8]) Besser ist die Verstäubbarkeit bei Bariumsilicofluorid und Kryolith (synthetisches besser als natürliches)[9]), so daß diese beiden Fluorverbindungen als Stäubemittel in USA. weitgehende Anwendung gefunden haben.[10]) Haft- und Regenbeständigkeit der Bariumsilicofluoride und Kryolithe wurden von Marcovitch und Stanley durch Zusatz von 25% Fischöl[11]) wesentlich erhöht.

---

[1]) Newcomer, E. J., and Carter, R. H., s. S. 436.

[2]) Houser, J. S., and Neiswander, R. B., A new and effective control for apple flea weevil. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 481—482.

[3]) Marcovitch, S., and Stanley, W. W., s. S. 436.

[4]) Basinger, A. J., and Boyce, A. M., Orange worms in California and their control. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 161—168.

[5]) Cunningham, G. H., Plant protection by the aid of therapeutants. Dunedin, New-Zealand 1935 (Literatur).

[6]) Vgl. Literaturangabe S. 435, Nr. 7 u. S. 436, Fußnote 1.

[7]) Walker, H. W., The preparation for a special light sodium fluorsilicate and its use as a boll weevil poison. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 157; ders., and Mills, J. E., (Forschungen über Baumwollkäferbekämpfungsmethoden). Ind. and Engin. Chemistry **19**, 1927, 703—711 (zit. nach Martin, H., S. 382).

[8]) Delage, B., s. S. 435.

[9]) de Long, D. M., The present status of cryolite as an insecticide. Ohio Journ. Science **34**, 1934, 175—200.

[10]) Marcovitch, S., and Stanley, W. W., Control of the Mexican bean beetle by a new and improved form of cryolite. Tennessee Agric. Exper. Stat. Circ. **56**, 1936.

[11]) Marcovitch, S., and Stanley, W. W., Two arsenical substitutes. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 370. Vgl. auch S. 436, Fußnote 1 u. 4.

Für die fabrikmäßige Herstellung wirksamer und gut haftfähiger Bariumsilicofluoridpulver sehen amerikanische Patente die Beigabe von Schutzkolloiden, wie Leim, Kasein, Akaziengummi, Rizinusölsulfosäure in geringen Mengen vor.[1]) Daß es gelang, die Fluorstäubemittel trotz ihrer spezifischen Schwere doch gut verstäubbar zu machen, zeigen die Verwendungen dieser Mittel selbst vom Flugzeug[2]), wenn auch die insektizide Wirkung zum Teil unzureichend war und schwere Pflanzenschädigungen erhalten wurden.

Auf die Verwendung von Fluorstäubemitteln zur Ungezieferbekämpfung bei Geflügel sei nur hingewiesen.[3]) Die Brauchbarkeit von Fluorverbindungen zur Bekämpfung von Bodeninsekten behandelt in diesem Handbuch H. Thiem[4]).

Als Ködermittel fanden die Fluorverbindungen die größte Anwendungsmöglichkeit, da hierbei, soweit die Köder nicht als flüssige Köder auf die Pflanzen gespritzt wurden, auf die Empfindlichkeit von Pflanzen keine Rücksicht genommen zu werden brauchte. So wurden für Köder meist auch die wasserlöslichen, d. h. auch die giftigsten Fluorverbindungen bevorzugt.

Als streu- oder auslegefähige feste Köder wurden Natriumfluorid und Natriumsilicofluorid, seltener Bariumsilicofluorid gegen Nagetiere[5]) und gegen Insekten angewandt, die als Hausungeziefer (Küchenschaben)[6]) oder als mehr oder weniger im oder am Boden sich aufhaltende Schädlinge leben, wie Tipula[7]), Erdraupen[8]), Grillen[9]), Maulwurfsgrillen[10]), Heuschrecken[11]), Ohrwürmer[12]),

---

[1]) USA. Patente 1 578 522 und 1 578 523.

[2]) Hinds, W. E., and Spencer, H., Airplane dusting for sugarcane borer control in Lousiana. Journ. econ. Entom. **20**, 1927, 352; Holloway, T.E., Haley, W.E., and Ingram, J.W., The application of sodium fluorsilicate by airplane in an attempt to control the sugar-cane moth borer. U. S. Dept. Agric. Circ. **45**, 1928.

[3]) Hartwigk, H., Zur Bekämpfung der Mallophagen (sog. Läuse) beim Huhn mit Natriumfluorid. Berl. Tierärztl. Wochenschr. **44**, 1928, 521—523.

[4]) Thiem H., Bodenentseuchung. Dieses Handbuch **6**, 1937, 163 und 165.

[5]) Saling, Th., Rattenbüchlein. Deleiter, Dresden 1928; Kister, u. Wegener, Die Rattenbekämpfung in Hamburg. Seuchenbekämpfung 1928, Heft 1 und 2; Schander, R., u. Götze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Ztrbl. f. Bakt. II. Abt. **81**, 1930, 260—284, 335—367, 481—501: Malenotti, E., Il fluosilicato di bario i micidiale anche contro le arvicole. Il coltivatore e Gironale Vinicole Italiano 1933, Nr. 23; Sachtleben, H., Vorsicht beim Gebrauch von Fluorverbindungen zur Nagetierbekämpfung. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **2**, 1922, 22. Koller, R., Das Rattenbuch. Schaper, Hannover 1932.

[6]) Fulton, B. B., Cookroach destruction in buildings. Iowa Agric. Exper. Stat. Circ. **112**, 1928; Zacher, Fr., Schaben als Schädlinge in Gewächshäusern. Gartenflora **69**, 1920, 165.

[7]) Gasow, H., Zur Bekämpfung der Schnakenlarve (*Tipula paludosa* und *Tipula oleracea*) mit chemischen Mitteln. Landwirtsch. Jahrb. **77**, 1933, 69—112; Trappmann, W. (Flugblatt Nr. **165**—**169** (46) der Biol. Reichsanst.).

[8]) Bovien, P., u. Stapel, Chr., Knopormeangrebet i 1934. Tidsskrift for Planteavl. **40**, 1936, 599—615; Ripper, W., Die Bekämpfung der Erdraupen. Die Landeskultur, Wien **2**, 1935, 213—215; Esmarch, F., Erdraupenplage. Die kranke Pflanze **11**, 1934, 92.

[9]) Back, E. A., *Cryllus domesticus* and city Dumps. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 198 bis 202.

[10]) Malenotti, E., Sul fluorosilicato di bario como insetticida (Gryllotalpa). Italia Agric. Rom. **69**, 1932, 741—757.

[11]) Uvarov, R. V., Locusts and grasshoppers. London 1928; Morstatt, H., Die Bekämpfung der Heuschreckenplage. Tropenpflanzer **37**, 1934, 413—419; Ripley, L. B., Sodium fluoride as an insecticide, its possibilities as a locust poison. Bull. Entom. Res. **15**, 1924, 29—34.

[12]) Rostrup, S., u. Thomson, M., Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Deutsch von Bremer, H., und Langenbuch, R., Berlin 1931.

Rüsselkäfer[1]) usw. Die Fluorsalze werden mit der für die Schädlinge in Frage kommenden Nahrung gemischt und leicht mit Wasser zu einer krümeligen Masse angefeuchtet, wenn sie im Feldbau breitwürfig ausgestreut werden.

In Form von flüssigen Ködern sucht man Insekten beizukommen, deren Larven meist in Blättern, Früchten oder sonstigen Pflanzenteilen geschützt leben und daher für Spritz- und Stäubemittel nicht erreichbar sind. Ist eine Behandlung der Pflanzen erforderlich, so entscheidet die Empfindlichkeit der Pflanzen selbst, ob die wasserlöslichen Fluorverbindungen noch von ihr vertragen werden können. Anwendung finden flüssige Fluorköder gegen die Rübenfliege[2]); ihre Verwendung gegen Kirsch- und sonstige Fruchtfliegen[3]) hat sich jedoch wegen der starken Pflanzenschäden nicht einführen können. Eine gewisse Bedeutung erlangte ein Giftköderverfahren gegen die Zwiebelfliege, bei welchem einzelne Zwiebelhälften in Fluorlösungen eingetaucht und dann auf den Feldern ausgelegt wurden.[4])

Als Imprägnierungsmittel sind Fluorverbindungen zum Schutze des Holzes gegen pilzliche[5]) und tierische Schädlinge[6]) benutzt worden, eine Anwendungsform, auf welche mit Bezug auf Gewächshäuser und Saatgutlagerräume hier nur hingewiesen sei. Auch zum „Mottenfestmachen" von Wollstoffen werden Fluorpräparate verwendet.[7])

Als Beizmittel haben Fluorpräparate bisher allgemein versagt.[8])

---

[1]) Mote, D. C. und Wilcox J., The strawberry root-weevils and their control in Oregon. Oregon Agric. Exp. Stat. Circ. **79**, 1927.

[2]) Bremer, H., u. Kaufmann, O., Die Rübenfliege *Pegomyia hyoscyami*. *Pz*. Monographie zum Pflanzenschutz. Nr. 7, 1931, 110 S., 32 Abb.

[3]) Ludwigs, K., u. Schmidt, M., Die Krankheiten und Schädlinge der Gemüsepflanzen. Frankfurt (Oder) und Berlin 1934; Jancke, O., u. Böhmer, W., Beiträge zur Biologie und Bekämpfung der Kirschfliege. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **20**, 1923, 443—455; Bouhélier, R., u. Foury, A., Contribution à l'étude des appâts dans la lutte contre la sératite *(Ceratitis capitata Wied)*. Rev. zool. agric. **35**, 1936, Nr. 4, 49—63; Jancke, O., Über Spritzschäden an Kirschen nach Anwendung von Fluornatriumlösungen zur Bekämpfung der Kirschfliege. Anz. f. Schädlingskunde **11**, 1935, 81—84, 92—94.

[4]) Kästner, A., Untersuchungen zur Lebensweise und Bekämpfung der Zwiebelfliege *(Hylemyia antiqua Meis.)* Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **39**, 1929, 49—97, 122—139; ders., Die Zwiebelfliege. Obst- und Gemüsebau **76**, 1930, 82—83.

[5]) Abel, E. G., Über die Holzkonservierung mit wasserlöslichen Salzen. Ang. Chemie **45**, 1932, 108—109; König, J., Mengele, H., Pflug, N., Moll, F., u. Engels, O., Zur Holzkonservierung mit Silikofluoriden. Ang. Chemie **45**, 1932, 280—281, 697—699; Mahlke-Troschel, Handbuch der Holzkonservierung. 2. Aufl. Berlin 1928; Liese, J., Holzschutz im Hochbau. Flugblatt Nr. 91 der Biol. Reichsanst. 2. Auf. 1934; Kollmann, F., Technologie des Holzes. Berlin 1936; Novotny: Gegenwärtiger Stand der Holzimprägnierung in Nordamerika. Ztschr. f. ang. Chemie **38**, 1925, 377; ders., Beitrag zur Haltbarmachung der mit Fluoriden imprägnierten Vollmasten, Ztschr. f. ang. Chemie **38**, 1925, 725.

[6]) Morstatt, H., Termitenbekämpfung in den Tropen. Tropenpflanzer **31**, 1928, 475—483; Snyder, Th. E., Tests of methods of protecting wood against termites or white ants. U. S. Dept. Agric. Bull. **1231**, 1924; Hespeler, O., Die technische Hausbockbekämpfung in Gebäuden. Verlagsanstalt d. Dtsch. Hausbesitzes. Berlin 1936.

[7]) DRP. 450418 vom 21. 9. 1927.

[8]) Riehm, E., Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. 3. Die Verwendung von Fluorverbindungen im Pflanzenschutz. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **18**, 1920, 26—30.

### γ) Allgemeines über die Giftwirkung der Fluormittel

#### 1. Giftwirkung auf die Schädlinge

Die Fluorverbindungen kommen als Fraßgifte zur Wirkung. Bei größeren Schädlingen (Nagetieren)[1]) wurden Ätzungen und Lähmungen des Darmes und des Magens festgestellt. Treten Ätzwirkungen an der Haut (durch Verschmutzungen der Fühler oder der Extremitäten) auf, so veranlassen sie Putzen (Insekten) und Lecken (Nager) und damit Giftaufnahme in den Verdauungstraktus. Als Plasmagift entziehen die Fluorverbindungen den Geweben und Zellen Kalzium, das als Kalziumfluorverbindungen gebunden wird. Entsprechend der Wichtigkeit des Ca-Ions für die zelluläre Permeabilität verliert die Zelle diese Eigenschaft und geht zugrunde.[2]) Außerdem soll elementares Fluor gebildet werden. Nach Lange ist für die Giftigkeit der Fluorverbindungen weniger die Zahl der Fluoratome wichtig als die Leichtigkeit, mit welcher freie Fluorionen gebildet werden.[3]) Über die Giftigkeit komplizierter organischer Ringsysteme oder Ester der Flußsäure und über ihre mögliche Anwendung als Schädlingsbekämpfungsmittel weiß man noch nichts Sicheres.

Wenn auch viele Autoren eine Überlegenheit der Fluorpräparate über die Arsenpräparate gefunden haben, so geben doch die bisher durchgeführten vergleichenden Untersuchungen an Fluor- und Arsenmitteln[4]) kein klares Bild, oft sind sie auch wohl durch die verschiedenartige Empfindlichkeit der Versuchstiere bedingt. Es scheint auch so, als ob man gern eine im Vergleich zu den Arsenmitteln höhere Giftigkeit der Fluorverbindungen auf die Schädlinge und eine geringere auf den Menschen festzustellen anstrebte, um in den Fluormitteln einen mehr als vollwertigen Ersatz für die hygienisch bedenklichen Arsenmittel zu finden.

Nach Untersuchungen von Marcovitch beträgt der Grad der Giftigkeit gegenüber Stechmückenlarven für Kieselfluornatrium 34,5, für Natriumarsenit 13,1, für Natriumarsenat 4,8 und für Natriumfluorid 4, so daß also Natriumsilicofluorid mehr als achtmal giftiger ist als Natriumfluorid. Von den Fluoriden sind Natriumfluorid und Manganfluorid nach Dobrosmuislov (1935) die wirksamsten, doch zeigten auch die Silicofluoride von Magnesium, Kalzium, Barium und Aluminium gute Wirkung.

---

[1]) Saling, Th., Koller, R. u. Schander, R. u. Götze, G., s. S. 385, Fußnote 6.

[2]) Delage, B., s. S. 435.

[3]) Lange, W., Fortschritte auf dem Gebiete der Darstellung und Verwendung von Fluorverbindungen. Chemiker-Ztg. **59**, 1935, 393—395.

[4]) Marcovitch, S., The relative toxicity of arsenicals and fluorine compounds to various organisms. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 108—114; Smith, M. C., and Levertau, R. M., Comparative toxicity of fluorine compounds. Industr. and Eng. Chem. Industry **26**, 1934, 791—797; Dobrosmuislov, D. I., Toxizität der Fluor- und Kieselfluorpräparate (Russisch mit deutschem Referat). Trans. Inst. Fert. **123**, 1935, 179—184; Ref. Rev. appl. Entom. **24**, 1936, 349—350; Travis, B. V., Relative toxicity of certain stomach poisons for *Phyllophaga lanceolata*. Iowa Stat. Coll. **10**, 1936, 235—241; Andre, F., and Pratt, P. E., The toxicity of certain stomach poisons to the beetle. Iowa Stat. Coll. **10**, 1936, 243—248; Gimingham, C. T., and Tattersfield, F., s. S. 436, Fußnote 5; Janisch, R., Eine neue Methode zur vergleichenden Beurteilung der Wirksamkeit von Insektengiften. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **6**, 1926, 10 u. 18.

Einen wichtigen Vorzug vor den Arsenmitteln besitzen die Fluorverbindungen: sie wirken auf die Schädlinge nicht fraßabschreckend[1]). Die Wirkung, die durch feinere Mahlung erhöht werden kann, wird herabgesetzt durch Streckung der Fluorverbindungen mit Kalk, offenbar durch Bildung von weniger wirksamem Kalziumfluorid. Statt Kalk wurde daher wiederholt Kieselgur als Streckmittel bevorzugt.[2])

### 2. Fungizide Wirkung der Fluormittel

Abgesehen von der Verwendung fluorhaltiger Mittel im Holzschutz gegen holzzerstörende Pilze[3]) werden Fluormittel als Fungizide nicht benutzt; trotzdem hat es nicht an Versuchen gefehlt, ihre fungizide Wirkung festzustellen[4]) und praktisch auszunutzen. Wegen ihrer pflanzenschädigenden Wirkung dürfte die Möglichkeit ihrer Verwendung als fungizide Spritz- und Stäubemittel stets sehr beschränkt sein. Auch die Bemühungen, Fluormittel (Fluoride und Silicofluoride des Natriums, Kaliums und Ammoniums) zur Getreidebeize zu verwenden, führte zu keinen befriedigenden Ergebnissen.[5])

### 3. Wirkung der Fluormittel auf die Pflanze

Bei den Untersuchungen auf Brauchbarkeit der Fluorverbindungen[6]) als Pflanzenschutzmittel wurde meist auch die Gefahr der Laubschädigungen berücksichtigt. Nach Marcovitch und Stanley[7]) „verbrennt" Natriumfluorsilikat wegen seiner Unlöslichkeit (1 : 154) weniger leicht als Natriumfluorid (1 : 25 Löslichkeit); Kryolith (1 : 1639) und Bariumfluorsilikat (1 : 3750) fallen in die Sicherheitszone, die ausreichende Giftwirkung auf die Schädlinge und Unschädlichkeit für die Pflanzen zeigte. Gegen Fluorverbindungen waren in steigendem Maße empfindlich: Baumwolle, Bohnen, Kohl, Apfel, Kartoffel, Tabak, Gurken, Erdnuß, Pfirsich, Knöterich, letzterer so empfindlich, daß er als Testpflanze benutzt werden konnte. Während Bariumfluorsilikat mit Kupferkalkbrühe an Bohnen Laubschädigungen gab, setzte es in Kombination mit Schwefelkalkbrühe die Verbrennungsgefahr herab. Kryolith gab weder mit Schwefelkalk- noch mit Kupferkalkbrühe an Bohnen Verbrennungen.

Diesen Ergebnissen von Marcovitch und Stanley standen nicht so günstige Erfahrungen anderer Versuchsansteller gegenüber. So fanden Mashtakov und Strachitzki[8]), daß bei ausgedehnten Versuchen an Obstbäumen, Himbeere,

---

[1]) Marcovitch, S., and Stanley, W. W., s. S. 437.

[2]) Hanson, A. J., The potato flea beetles. U. S. Dep. Agric. Washington Bull. **280**, 1933.

[3]) Vgl. S. 439, Fußnote 5.

[4]) Nagel, W., Vergleichende Laboratoriums-Versuche über die fungizide Wirkung kolloidaler und nicht kolloidaler Stoffe. Ztschr. Gesundheitstechn. u. Städtehygiene **25**, 1933, 346—350.

[5]) Riehm, E., Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. 1920, Heft 18, 19—30.

[6]) Vgl. S. 436, Fußnote 1, 3 u. 4.

[7]) Marcovitch, S., and Stanley, W. W., s. S. 436, Fußnote 4.

[8]) Mashtakov, S. M., u. Strachitzki, K. J., Beschädigungen der Pflanzen durch Fluor- und Kieselfluorsalze (russisch mit deutschem Resumé). Trans. Inst. Fertil. Leningrad 1935, Nr. 123, 184—190.

Bohnen, Kartoffeln und Rüben in den meisten Fällen die Fluorsilikate mit Ausnahme der Natrium- und Kaliumsalze laubschädigender wirkten als die Fluoride und daß die Laubschädigung durch Fluorverbindungen in folgender Reihenfolge abnahm: bei Fluoriden: Kalium, Natrium, Aluminium, Mangan, Magnesium, Kalzium, Barium, bei Silicofluoriden: Kalzium, Mangan, Magnesium, Natrium, Aluminium, Kalium, Barium.

Zur Verminderung der Verbrennungsgefahr fügte man den Fluorsalzen Kalk zu (Bildung von $CaF_2$), man setzt allerdings hierdurch auch die insektizide Wirkung herab.[1]) Bei Natriumsilicofluorid versuchte man durch Zugabe von kolloidaler Kieselsäure bei der Herstellung die Verbrennungsgefahr zu vermindern und die insektizide Wirkung zu steigern.[2])

In Deutschland fanden fluorhaltige Spritzmittel vornehmlich im Rübenbau gegen Rübenfliege Anwendung.[3]) Die hierbei erhaltenen Blattschäden konnten mit in Kauf genommen werden. Schwerer waren die bei Verwendung von Fluormitteln gegen Kirschfliegen an Blättern und Kirschfrüchten erhaltenen Schäden[4]), deren Stärke weitgehend von der Witterung (Kälteeinbrüche, hohe Luftfeuchtigkeit, Taubildung) und von Zusätzen (Melasse) abhängig waren.

#### 4. Wirkung der Fluorverbindungen auf den Menschen

Fluorverbindungen haben neben den Arsenverbindungen in der Kriminalistik und als Unglücksfälle Berühmtheit gefunden. Einerseits ließen die farblosen Salze besonders in Bäckereien, wo sie gegen Küchenschaben, Ameisen und Nager angewandt wurden, leicht Verwechslungen mit Zucker zu und wurden zum Kuchenbacken mitverwandt, andererseits war ihre Beschaffung infolge Fehlens einschränkender gesetzlicher Abgabebestimmungen für den Handel so leicht, daß sie zu Mord- und Selbstmord häufig und oft auch erfolgreich Verwendung fanden. Aus der umfangreichen Literatur seien nur einige Beispiele als Fußnote gebracht.[5]) Fluorvergiftungserscheinungen sind Magen- und Kopfschmerzen, Erbrechen, Durchfall, Speichelfluß und Hautjucken; nach stärkeren Gaben: Herzschmerzen, Muskel-, Herz- und Atemlähmungen, Tod. Bei Fluorvergiftungen

---

[1]) Snapp, O. J., A preliminary report on the toxic value of fluosilicates and arsenicals as tested on the plum curculio. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 175—178; Dobrosky, J. D., Preliminary report on the fluorine compounds as insecticides. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 627—637.

[2]) Delage, B., s. S. 435, Fußnote 6 und Walker, H. W., s. S. 437.

[3]) s. S. 439, Fußnote 2.

[4]) Jancke, O., Über Spritzschäden an Kirschen nach Anwendung von Fluornatriumlösungen zur Bekämpfung der Kirschfliege. Anz. f. Schädlingskunde **11**, 1935, 81—84, 92—94.

[5]) Roholm, K., Fluorine intoxication. A chemical-hygienic study and some experimental investigations. London-Kopenhagen 1937; ders., Fluorschädigungen. Leipzig 1937; de Ong, E. R., Toxicity of sodium fluoride to man. Journ. econ. Entom. **17**, 1924, 343; Riehm, E., Über die Verwendung von Fluorpräparaten zur Schädlingsbekämpfung. Apotheker-Ztg. 1927, Nr. 10; Sachtleben, H., Vorsicht beim Gebrauch von Fluorverbindungen zur Nagetierbekämpfung. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **2**, 1922, 22; Goffart, H., Ein weiterer Vergiftungsfall mit Kieselfluornatrium. Anz. f. Schädlingskunde **11**, 1935, 118—119; Kockel, u. Zimmermann, Über Vergiftung mit Fluorverbindungen. Münch. med. Wochenschrift, 1920, 777; Lüning, O., Verwendung von Silikofluoriden zu Vergiftungszwecken. Chemiker-Ztg. **46**, 1922, 73.

werden durch Kalkentzug Blut, Knochen (Porosität und Wucherungen) und Zähne (Karies) stark verändert. Als Gegengabe bei akuter Fluorvergiftung kommen Mittel in Frage, die durch Erbrechen die gewaltsame Entfernung aus dem Magen fördern oder die löslichen Fluorverbindungen durch Bildung unlöslicher Verbindungen unschädlich machen (Kalziumchlorid, Kalkwasser) oder die als eine Art „Schutzkolloid" ihre Angriffsmöglichkeit herabsetzen (schleimige Getränke, Milch). Bestimmte Organe (Knochen, Zähne) nehmen größere Mengen des Fluors auf; sie werden daher neben den Verätzungen der Magen- und Darmschleimhaut zur Feststellung der Todesursache verwendet.

Im Vergleich zu dem Arsen ist jedoch die Giftigkeit der Fluorverbindungen geringer. Nach Marcovitch und Delage[1]) liegen für Fluor- und Arsenverbindungen per os gegeben folgende Zahlen als letale Dosis für den Menschen vor: NaF: 30,0 g, NaSiF: 7,2 g, $K_2HAsO_3$: 0,84 g. Nach Deußen riefen jedoch bereits 0,012 g NaF Magenschmerzen und 0,25 g NaF Speichelfluß hervor; 5 g NaF konnten nach Kobert[2]) bei einem Menschen schon ernstere Vergiftungen und 10 g NaF den Tod verursachen. Die Angaben über die Wirkung der Fluorverbindungen auf den Menschen schwanken zwischen 0,7 g NaF als letale Dosis und 11 g NaF als noch beobachtete unschädliche Dosis[4]); die Schadwirkung hängt offenbar sehr von der Konstitution des betreffenden Menschen und von sonstigen Umständen (Art und Menge der aufgenommenen Speisen) ab. Nach Marcovitch und Stanley[3]) ist Natriumarsenit für den Menschen und für Wirbeltiere neunmal giftiger als Natriumsilicofluorid und 16mal giftiger als Natriumfluorid; dauernde Aufnahme kleiner Giftmengen schädigen bei Arsen innerhalb 6 Monaten, bei den Fluorverbindungen sollen solche dem Arsenbelag auf Obst etwa entsprechenden Fluormengen selbst bei Fütterung von mehreren Jahren nicht schaden; die fluorhaltigen Pflanzenschutzmittel werden daher von ihnen als harmlos für die menschliche Gesundheit gehalten.

Die Gesundheitsbehörden sehen die Fluormittel nicht für harmlos an, in vielen Ländern sind diese Präparate durch gesetzliche Bestimmungen über Färbung, Vertrieb und Anwendung den Arsenmitteln gleichgestellt. Nachdem in den Vereinigten Staaten auch für Fluor die duldbare Höchstmenge von 0,01 grain per pound Obst (= 1,3 mg Fluor je Kilogramm Obst, vgl. Arsen S. 398) festgesetzt wurde, mußten, ähnlich wie bei den Arsenmitteln (vgl. S. 398) Maßnahmen ausgearbeitet werden, die an Obst noch anhaftenden Fluorrückstände und im Wein befindliche Fluormengen zu vermeiden oder zu entfernen.[5])

---

[1]) Delage, B., s. S. 435, Fußnote 6; Marcovitch, S., The relative toxicities of arsenicals and fluorine compounds to various organisms. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 108—114.

[2]) Kobert, R., Lehrbuch der Intoxikationen. Stuttgart 1906.

[3]) Marcovitch, S., and Stanley, W. W., s. S. 436, Fußnote 4.

[4]) Vgl. auch S. 436, Fußnote 1.

[5]) Haller, M. H., Smith, E., and Ryall, A. L., Spray residue removal from apples and other fruits. U. S. Dept. Agric. Farmers Bull. **1752**, 1935; Groves, K., Marshall, R. E., Overley, F. L., and John, J. L., The removal of fluorine spray residue from apples-sprayed with natural cryolite. U. S. Dept. Exp. Stat. Washington Bull. **329**, 1936; Hough, W. S., Spray residues and their removal from apples. Agric. Exper. Stat. Blacksburry Bull. **302**, 1936; Marcovitch, S., The residue problem and fluorine compounds. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 141—142; Carter, R. H., An investigation of solvents for the removal of insecticidal fluorine residues from fruits. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 829—831.

Wenn auch Natriumfluorid gelegentlich Genußmitteln, Weinen, Bieren und Lebensmitteln als Konservierungsmittel[1]) zugesetzt wurde, so ist sein Auftreten in Wein als Folge einer Anwendung fluorhaltiger Rebschädlingsbekämpfungsmittel doch höchst unerwünscht, insbesondere, da der Fluorgehalt nicht, wie der Arsengehalt, durch die Gärung vermindert wird[2]) und mit einer Störung der Gärung gerechnet werden kann.

Mit Bezug auf die Verwendung von Fluor-Kleieködern zur Tipulabekämpfung stellte Gasow[3]) fest, „daß bei vorschriftsmäßiger Aufbewahrung und Anwendung des Giftes keine Gefahr für Mensch und Tier besteht; auch beim Mischen des Kieselfluornatriums mit Kleie unter Hinzugabe von Wasser treten keine Ätzungen an den Händen ein".

### 5. Die Wirkung der Fluorverbindungen auf Nutztiere

Die Gefährlichkeit der fluorhaltigen Schädlingsbekämpfungsmittel für Haustiere wird für weit weniger groß gehalten als bei den Arsenmitteln, werden doch fluorhaltige Stäubemittel in reiner Form zur Ungezieferbekämpfung an Hühnern angewandt[4]) und sollen doch nach Ripley[5]) viele Hühnerfutter beträchtliche Mengen Natriumfluorid enthalten, um die Eierproduktion zu steigern. Die letale Dosis für Kaninchen beträgt nach Marcovitch[6]) für Natriumfluorid 0,5 g, für Natriumsilicofluorid 0,12 g je Kilogramm Körpergewicht, während sie bei Kaliumarsenit schon 0,014 g beträgt. Für Natriumsilicofluorid wird die letale Dosis bei Ziegen mit 1,1 g, für Bariumfluorid bei Kaninchen mit 0,2 g, bei Hunden mit 0,55 g je Kilogramm Körpergewicht angegeben. Fluornatrium, als tägliche Dosis von 0,2—0,5 g bei kalkreicher Nahrung 6—8 Wochen lang an wachsende Hunde verfüttert, wirkten nicht tödlich. Auch führten 402,9 g Fluornatrium, die in täglichen Gaben von 0,1—1,0 g im Verlauf von 21 Monaten an einen 12,75 kg schweren Hund verfüttert wurden, nicht zum Tode. Die Tatsachen aber, daß sich die Fluormittel zur Rattenbekämpfung eignen und chronisch zu den schwersten Zahn- und Knochenerkrankungen Veranlassung geben, mahnen, Haus- und Nutztiere (Wild) möglichst von Fluormitteln fernzuhalten.

Die Möglichkeit der Schädigung durch Fluorverbindungen wurde besonders auch für die Bienen untersucht; teils wurden Bienen als Versuchstiere zur Feststellung der insektiziden Wirkung benutzt[7]), teils versuchte man mit Hinblick

---

[1]) Ripley, L. B., Sodium fluoride as an insecticide. Bull. entom. Resarch **15**, 1924, 29—34.

[2]) Johnson, F. A., and Fischer, L., (Über Fluoride im Wein.) Amer. Journ. Pharmac. **107**, 1935, 512—515 (Ref.: Chem. Ztrbl., 1936, 4634.)

[3]) Gasow, H., Zur Bekämpfung der Schnakenlarven (*Tipula paludosa Mgn.* u. *T. oleracea L.*) mit chemischen Mitteln (Literatur!). Landwirtsch. Jahrbücher **77**, 1933, 69—112.

[4]) Vgl. Hartwigk, H, S. 438, Fußnote 3.

[5]) Ripley, L. B., s. oben.

[6]) Marcovitch, S., The relative toxicities of arsenicals and fluorine compounds to various organisms. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 108—114.

[7]) Körting, A., Untersuchungen über die insektizide Wirkung einiger Fluorverbindungen. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **43**, 1933, 502—516.

auf die Bienenzucht die Größe der Gefahr festzustellen.[1]) Man bestimmte die letale Dosis — Borchert 13 γ, Stübinger 15 γ je Biene für Natriumfluorid[2]) — doch zeigen die praktischen Erfahrungen, daß selbst die in Deutschland zur Rübenfliegenbekämpfung angewandten Fluor-Zuckerköder keine Gefahr für die Bienen darstellen.[3])

6. Die Wirkung der Fluorverbindungen auf den Boden

In Europa ist die Anwendung der Fluorspritz- und Stäubemittel noch sehr beschränkt, dagegen werden sie in Amerika als Kryolith und Bariumsilicofluorid in größerem Ausmaße angewandt. In Deutschland finden Fluormittel als Fluor-Kleie-Köder zur Tipulabekämpfung vielfach Verwendung. Die Frage, ob durch andauernde Anwendung der Fluormittel die Ertragsfähigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens nicht gefährdet und ob nicht eine Anreicherung des Bodens mit Fluor auch die Genußfähigkeit der Ernteprodukte in Frage stellen könnte, ist im gleichen Sinne zu verneinen, wie sie von Reckendorfer für die Arsenmittel nachgewiesen ist.[4]) Im Boden werden die Fluorverbindungen durch Kalk bald in das schwer lösliche Kalziumfluorid umgewandelt und damit unschädlich gemacht. Auf die Untersuchungen Reckendorfers zum Nachweis von Fluor in Pflanzen sei nur hingewiesen.[5])

7. Sonstige schädliche Einflüsse der Fluorverbindungen

Die Erfahrungen in USA. haben gezeigt, daß Fluorverbindungen, besonders Bariumsilicofluorid die Pflanzenschutzspritzen und insbesondere die Ventile leicht angreifen. Nach Martin[6]) 1936 sieht ein amerikanisches Patent daher vor, daß dem Bariumsilicofluorid zur Behebung dieses Nachteils ein geringer Zusatz eines etwas mehr wasserlöslichen Fluorids zugesetzt wird. Das so hergestellte Bariumsilicofluoridpräparat Dutox besteht aus 72% Bariumsilicofluorid, 8% Natriumaluminiumfluorid und 20% inerten Zusätzen.

## δ) Chemie der Fluormittel

Natriumfluorid, NaF, farbloses, alkalisch reagierendes, in 25 Teilen Wasser lösliches Salz. Das Natriumfluorid des Handels enthält geringe Mengen Natriumbifluorid $NaHF_2$ und Natriumsilicofluorid $Na_2SiF_6$. NaF dient in gesättigter, Eisen und Lack nicht angreifender Lösung in erster Linie als einfaches Holzschutzmittel; Kaliumfluorid, KF, und Ammoniumfluorid, $NH_4F$, werden für den gleichen Zweck benutzt. Im Pflanzenschutz bereitet man Giftköder gegen

---

[1]) Böttcher, F. K., Die Wirkung der chemischen Schädlingsbekämpfungsmittel auf die Bienenzucht. Anz. f. Schädlingskunde, **13**, 1937, 105—114, 121—126 (Literaturverzeichnis weist 101 Arbeiten nach).

[2]) Borchert, A., Über die Giftigkeit einiger Pflanzenschutzmittel (Arsenpräparate und Fluornatrium) für die Bienen. Archiv f. Bienenkunde **10**, 1929, Heft 1.

[3]) Kaufmann, O., Ist die Bekämpfung der Rübenfliege *(Peg. hyosc. Pz.)* mit Fluornatrium eine Gefahr für die Bienen? Ztschr. Landw. Kammer Niederschles. **34**, 1930, 84; Borchert, A., u. Kaufmann, O., Bedeutet die Bekämpfung der Rübenfliege *(Peg. hyosc. Pz.)* mit Zucker-Fluornatriumlösung eine Gefahr für die Bienen? Märk. Bienenzeitung **21**, 1931, 320—329; Goetze, G., Inwieweit wird die Bienenzucht durch die Verwendung zuckerhaltiger Pflanzenschutzmittel gefährdet? Anz. f. Schädlingskunde **5**, 1929, 73—75; Kickhoffel, K. H., Pflanzenschutz und Bienenzucht. Verlag R. Poettke, Anklam 1931. (Vorträge im Reichsausschuß für Bienenzucht.)

[4]) Reckendorfer, P., Schädlingsbekämpfung und Bodenvergiftung. Fortschr. der Landwirtschaft **7**, 1932, 437—449.

[5]) Reckendorfer, P., Das Fluor und seine Beziehung zur Pflanze. Ebenda **5**, 1930, 481—492.

[6]) Martin, H., s. S. 382, Fußnote 8. U. S. Patent 1931367.

Ameisen und Zwiebelfliegen mit NaF. Auf grünen Pflanzen würde es zu starke Verbrennungen verursachen.

Kalziumfluorid, $CaF_2$, löslich in 62500 Teilen Wasser, Strontiumfluorid, $SrF_2$, löslich in 8550 Teilen Wasser und Magnesiumfluorid, $MgF_2$, löslich in 11500 Teilen Wasser empfiehlt Roark[1]), wegen ihrer Schwerlöslichkeit und damit geringeren Gefährdung der Blätter gegen fressende Insekten.

Kryolith, $6NaF \cdot Al_2F_6$ oder $Na_3AlF_6$ ist ein grönländisches Mineral, das man auch synthetisch, z. B. als Nebenprodukt der Superphosphatfabrikation oder aus Aluminiumfluorid, Ammoniumfluorid und Natriumchlorid herstellt:

$$Al_2F_6 + 6NH_4F + 6NaCl = 6NaF \cdot Al_2F_6 + 6NH_4Cl$$ [2])

Büchner[3]) stellt Kryolith aus Metallfluorid und Al-Nitraten her. Künstlicher Kryolith löst sich in 1639 Teilen Wasser, seine Lösung zeigt ein $p_H$ von 6,2. Der synthetische soll giftiger als der natürliche sein.

Pflanzenschädigungen sowie Gefährdung der Menschen und Haustiere sind bei Anwendung dieser Fluorverbindungen nach Marcovitch und Stanley nicht zu befürchten. Kryolith läßt sich als Zugabe zu Schwefelkalkbrühe und Kupferkalkbrühe verwenden.

Kieselfluorwasserstoffsäure, Kieselflußsäure $H_2SiF_6$. Die wasserfreie Verbindung ist nicht bekannt. Die verdünnten wässerigen Lösungen enthalten keine freie Flußsäure und greifen somit Glas nicht an. Beim Eindampfen von Lösungen, die stärker als 13,3%ig sind, ist mehr $SiF_4$ als HF flüchtig, so daß sich die Lösung an HF anreichert und glasätzende Eigenschaften erhält. Kieselflußsäure dient als Holzkonservierungsmittel. Bedeutung für den Pflanzenschutz haben nur die Salze der Säure.

Natriumsilicofluorid, Kieselfluornatrium, $Na_2SiF_6$, farbloses, in 153 Teilen Wasser bei 17,5°, in 40 Teilen Wasser bei 100° lösliches, sauer reagierendes Salz. Das $Na_2SiF_6$ des Handels enthält geringe Mengen NaF, $NaHF_2$ und $Na_2CO_3$. In wässeriger Lösung zerfällt $Na_2SiF_6$ allmählich in NaF, HF und $SiO_2$. Bei Anwesenheit von Soda in $Na_2SiF_6$-Lösungen findet schnelle Zersetzung eines Teiles in NaF, $CO_2$ und $SiO_2$ statt. Nach Roark[4]) geht $Na_2SiF_6$ durch seinen Gehalt an $Na_2CO_3$ schon vor der Aufnahme durch den Schädling teilweise in NaF, bei Gegenwart von $Ca(OH)_2$ in $CaF_2$ über.

$Na_2SiF_6$-Pulver sollen größte Feinheit zeigen, da sonst eine gleichmäßige Verteilung des spezifisch schweren Mittels nicht erreichbar ist. Riehm[5]) verlangt ein Schüttegewicht von höchstens 0,35. Aus Untersuchungen von Hinds[6]) über die Verstäubbarkeit von $Na_2SiF_6$ geht hervor, daß die Handelspräparate in

[1]) Roark, R. E., (Fluoride gegen kieselfluorwasserstoffsaure Salze als Insektizide.) Science **63**, 1926, 431—432.

[2]) Howard, H., U. S. Patent 1475155.

[3]) Büchner, M., Herstellung von Kryolith, D. R. P. 563873; Ref. Chem. Ztrbl. 1934, I, 588.

[4]) Roark, R. C., (Fluoride gegen kieselfluorwasserstoffsaure Salze als Insektizide). Science **63**, 1926, 431—432.

[5]) Riehm, E., Über die Verwendung von Fluorpräparaten zur Schädlingsbekämpfung. Apotheker-Ztg. **42**, 1927, 136—137.

[6]) Hinds, W. E., Preliminary studies regarding physical qualities and distribution of sodium silicofluoride dusts. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 768—773.

USA. in ihren physikalischen Eigenschaften recht verschieden sind, sich auf weite Entfernungen nur schwer verteilen lassen und sich beim Verstäuben auch teilweise entmischen. Carter und Roark[1]) stellten bei $Na_2SiF_6$- und auch NaF-Präparaten Schüttegewichte von 0,3—1,2 fest. Bei Präparaten größerer Feinheit steigert sich naturgemäß auch die Gefährdung der Pflanzen.

Bariumsilicofluorid, Bariumfluorsilikat, $BaSiF_6$, in 3731 Teilen Wasser bei 17,5°, in 1175 Teilen bei 100° löslich. Die kalt gesättigte Lösung zeigt ein $p_H = 3,4$. Zur Abstumpfung der sauren Reaktion bis auf $p_H = 4,0$ wird Zugabe neutraler oder schwach basischer Salze wie $BaF_2$, NaF, $Na_3AlF_6$, $BaCO_3$ empfohlen.[2]) Hierdurch sollen Korrosionen an Metallen vermieden werden.

$BaSiF_6$ kann auch mit der gleichen Menge Schwefel gemischt verstäubt werden und ist als Zugabe zu Schwefelkalkbrühe verwendbar. Mit Kupferkalkbrühe gemischt gab das Mittel an Bohnen Verbrennungen. Zur Kombination mit Tabakstaub vgl. Chamberlin[3]), mit Arsenaten vgl. Carter.[4])

Kalziumsilicofluorid, Kalziumfluorsilikat, $CaSiF_6 + 2H_2O$, mit 52,2% F, in etwa der zehnfachen Menge Wasser löslich. Die Handelspräparate stellen nach Carter[5]) Abfallprodukte der Phosphatdüngerindustrie vor. So enthielt ein Präparat nur 12% F, aber 27% $P_2O_5$ und 18% $Fe_2O_3 + Al_2O_3$.

$MgSiF_6$ und $ZnSiF_6$ dienen in wässeriger Lösung als Holzschutzmittel, greifen aber wegen ihrer sauren Reaktion Eisen und säureempfindliche Farbstoffe an.[6]) Als Holzschutzmittel dienen ferner $H_2SiF_6$, Fluorsulfonsäure ($FSO_3H$) und ihre Salze, endlich auch ammoniakalische Lösungen von Metallfluoriden.

Zur Wasserlöslichkeit der Fluormittel vgl. auch Carter.[7])

## 7. Chlorate, Chlorite und Hypochlorite

Natriumchlorat, chlorsaures Natrium, $NaClO_3$, in der Pharmazie Natrium chloricum (nicht zu verwechseln mit dem in der Pharmazie Natrium chloratum genannten Natriumchlorid NaCl!). Farblose Kristalle, in Wasser leicht löslich im Gegensatz zu Kaliumchlorat. 100 Teile Wasser lösen bei 20° 99 g $NaClO_3$, dagegen nur 7,3 g $KClO_3$.

Die Chlorate werden in den letzten Jahren in steigendem Maße für die Bekämpfung von Unkräutern auf Wegen, Plätzen usw. verwendet.

---

[1]) Carter, R. H., and Roark, R. C., Composition of fluorides and fluosilicates sold as insecticides. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 762—773.

[2]) Grasselli Chem. Co., A. Patent 1931367; Ref. Chem. Ztrbl. 1934, I, 1546.

[3]) Chamberlin, F. S., The apparent incompatibility of barium fluosilicate and nicotine sulphate. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 135, 413.

[4]) Carter, R. H., Compatibilities of insecticides. 1. Fluosilicates and cryolite with arsenates. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 814—814.

[5]) Carter, R. H., Calciumfluosilicate compound is not Calcium fluosilicate. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 707—709.

[6]) Falck, R., Über den Holzschutz im Hochbau. Flugblatt B. R. A. 1928, Nr. 91.

[7]) Carter, R. H., Solubilities of some inorganic fluorides in water at 25° C. Ind. and Engin. Chem. **20**, 1928, 814—818.

Über die Wirkungsweise dieser Salze bestehen verschiedene Ansichten. Aslander[1]) führt die Einwirkung auf einen Oxydationsvorgang und eine Zerstörung des lebenden Protoplasmas durch den freiwerdenden Sauerstoff in statu nascendi zurück. Neller[2]) nimmt an, daß die Wirkung auf einer Verminderung der Katalasetätigkeit beruht. Bei seinen Versuchen an Ackerwinde konnte er feststellen, daß in 1, 2 und 4 Fuß Tiefe die Katalasetätigkeit auf ein Viertel, die Hälfte und fünf Sechstel gegenüber der Kontrolle herabgesetzt war. Yamasaki[3]) glaubt nachgewiesen zu haben, daß die Giftigkeit von Kaliumchlorat eine Wirkung von Kaliumhypochlorit ist, das durch reduzierende Substanzen der Pflanzen, wie Glukose, Aldehyd usw. gebildet wird. Die Bildung von Reduktionsmitteln wird nach seiner Ansicht in saurem Zellsaft und, wenn die Pflanzen der Sonne ausgesetzt sind, beschleunigt. Für den Erfolg der Bekämpfung von Unkräutern mit Natriumchlorat ist es wesentlich, daß alle Pflanzen von der Lösung getroffen werden. Nach Fürst[4]) sind bei geschlossenem Bestand mindestens 2 l auf 1 qm erforderlich. Erhöht wird die Wirkung, wenn die oberirdischen Teile vor der Behandlung abgeschnitten werden. Besonders günstig ist es, wenn die Behandlung nach Regen erfolgt und diesem eine längere Trockenheit vorausgegangen ist. Die anzuwendende Konzentration des Natriumchlorates wird verschieden angegeben, nach Hessenland und Fromm[5]) kommen in Frankreich 25%ige Lösungen zur Anwendung. Korsmo[6]) gibt an, daß 4—5%ige Lösungen erforderlich sind. Nach Fürst[7]) entspricht diese Lösungsstärke mehr den tatsächlichen Erfordernissen. Aber auch mit 2—2,5%igen Lösungen hat man bei vielen Unkräutern schon recht gute Erfolge erzielt, zumal wenn man entsprechend den Vorschriften der Biologischen Reichsanstalt eine zweimalige Behandlung (1½ l je qm) vornimmt. Selbst wenn es gelungen ist, alle vorhandenen Pflanzen zu vernichten, so werden doch durch Anflug von Samen nach einer gewissen Zeit verschiedene Pflanzen wieder erscheinen. Die Widerstandsfähigkeit der Unkräuter ist zudem sehr verschieden. Nach einer von Korsmo[8]) gegebenen Aufstellung wurden durch 5%ige Lösung bei einmaliger Behandlung 18, bei zweimaliger Behandlung weitere neun Pflanzenarten abgetötet. Nach zwei-

---

[1]) Aslander, A., Natriumkloratets verkan pa akerdistel och andra växter. Nordisk jordbrugsforskning **1**, 1931, 1—21.

[2]) Neller, J. R., Effect of chlorates upon the catalase activity of the roots of bindweed. Journ. of Agric. Res. **43**, 1931, 183—189.

[3]) Yamasaki, M., On the cause of varietal distinctions in certain crop plants in regard to the resistance to the toxic action of potassium chlorate. Journ. of the Imper. Agric. Exp. Stat. **1**, 1931, 305—326.

[4]) Fürst, F., Chemische Pflanzengifte als Unkrautvertilgungsmittel. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **13**, 1935, 1—27.

[5]) Hessenland, M., und Fromm, F., Über die Anwendung von Natriumchlorat als Unkrautvertilgungsmittel. Chem. Ztg. **55**, 1931, 589—590.

[6]) Korsmo, E., Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. Verlag Springer, Berlin 1930, S. 540.

[7]) Fürst, F., Chemische Pflanzengifte als Unkrautvertilgungsmittel. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **13**, 1935, 1—27.

[8]) Korsmo, E., Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. Verlag Springer, Berlin 1930, S. 542.

maliger Behandlung waren nur *Polygonum amphibium*, *Aegopodium podagraria* und *Convolvolus arvensis* nicht vernichtet.

Auch zur Bekämpfung von Unkräutern auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ist Natriumchlorat verwendet worden. Chabrolin[1]) konnte durch Anwendung von 1200 l einer 1%igen Natriumchloratlösung *Chrysanthemum coronarium* und *Melilotus sulcatus* vernichten. Hederich war widerstandsfähiger. Der Weizen wurde nur vorübergehend geschädigt. Nach Fron[2]) und Fron und Bertrand[3]) ist Natriumchlorat für die Bekämpfung von Unkräutern im Getreide geeignet. Die Schädigung des Getreides ist nur vorübergehend. Fürst[4]) kommt auf Grund seiner Versuche zur Bekämpfung von *Orobanche minor* in Kleebeständen zu der Ansicht, daß Natriumchlorat zur Bekämpfung von Unkräutern in wachsenden Pflanzenbeständen kaum in Frage kommen dürfte. In den letzten Jahren kommt jedoch besonders in Amerika Natriumchlorat auf Feldern nach der Ernte bis zur Wiederbestellung zur Bekämpfung schwer ausrottbarer Unkräuter zur Anwendung. Die Ansichten über die Nachwirkung des Natriumchlorates sind sehr verschieden. Nach Loomis, Bissey und Smith[5]) konnte eine Giftwirkung auf die Wurzeln in den unteren Bodenschichten noch nach 2 Jahren festgestellt werden. Loomis, Russel, Bissey und Arnold[6]) berichten weiter, daß unter normalen Verhältnissen Natriumchlorat seine Wirksamkeit 2½ Jahre behält; in feuchtem Boden und bei Temperaturen über 20° C zersetzt es sich bald. Aslander[7]) stellte fest, daß bei Anwendung von Natriumchlorat im Spätherbst der im nächsten Frühjahr gesäte Hafer keine Schäden mehr zeigte. Er fand weiter[8]), daß Gerste empfindlicher als Hafer, Weizen und Bohnen ist. Meyer-Hermann[9]) wandte zur Bekämpfung des Huflattichs *(Tussilago farfara)* 3%ige Natriumchloratlösung auf Roggenstoppeln an. Im Frühjahr angebauter Hafer wurde nicht geschädigt. Auch Muenscher[10]) konnte bei guter Wirkung gegen die Unkräuter keine Schädigungen im nächsten Frühjahr fest-

---

[1]) Chabrolin, Ch., Le desherbage sélectif des céréales par la chlorate de soude. Compt. Rend. Acad. Agric. France **19**, 1933, 1035—1040.

[2]) Fron, G., Les chlorates et leur emploi en agriculture. Journ. Agric. prat. **8**, 1934, 241—244.

[3]) Fron, G., et Bertrand, R., Contribution à l'étude de l'influence des chlorates sur la végétation. Ann. Agron. N. S. **4**, 1934, 1—25.

[4]) Fürst, F., Chemische Pflanzengifte als Unkrautvertilgungsmittel. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **13**, 1935, 1—27.

[5]) Loomis, W. E., Bissey, R., and Smith, E. V., Chlorates as herbicides. Science **74**, 1931, 485.

[6]) Loomis, W. E., Russel, Bissey, R., and Arnold, The absorption and movement of sodium chlorate when used as an herbicide. Journ. Americ. Soc. Agron. **25**, 1933, 724—739.

[7]) Aslander, A., Experiments on the eradication of Canada thistle, *Cirsium arvense*, with chlorates and other herbicides. Journ. of Agric. Res. **36**, 1928, 915—934.

[8]) Aslander, A., Natriumkloratets verkan pa akerdistel och andra växter. Nordisk jordbrugsforskning **1**, 1931, 1—21.

[9]) Meyer-Hermann, K., Die Bekämpfung des Huflattichs und anderer Wurzelunkräuter mit chemischen Mitteln. Dtsch. Landw. Presse **59**, 1932, 503.

[10]) Muenscher, W. C., Killing perennial weeds with chlorates during winter. Corn. Univ. Agric. Exp. Stat. Bull. **542**, 1932, 1—8.

stellen. Angewendet wurden 225—680 kg je Hektar. Nach Clouston und Hill[1]) ist nur dann mit Schädigungen im Frühjahr zu rechnen, wenn die Anwendung im Herbst zu spät erfolgt. Rathlef[2]) berichtet über Versuche in Dänemark, bei denen durch Herbstbehandlung mit 150—600 kg je Hektar der Kornertrag von Gerste und der Strohertrag von Gerste und Hafer vermindert wurde. Futter- und Zuckerrüben blieben in der Entwicklung zurück. Je später das Chlorat gestreut wurde, um so stärker war die Giftwirkung. Die Disteln wurden zu 90—99% abgetötet. Bei Versuchen der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz[3]) gediehen Roggen und Weizen auf Stücken, die 21 bzw. 25 Tage vor der Aussaat behandelt waren, meist gut bis mittelgut. Hafer wurde im nächsten Frühjahr nicht mehr geschädigt. Die Anwendung erfolgt nach Fürst am besten durch Ausstreuen in trockener Form. Zur Ermittlung sicherer Bekämpfungsgrundlagen sind noch weitere Versuche erforderlich. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für Natriumchlorat ist in der Bekämpfung von Einzelunkräutern und kleineren Unkrautnestern auf Wiesen gegeben. Unter anderem berichtet Schneider-Kleeberg[4]) über Erfolge mit chlorathaltigen Mitteln bei der Bekämpfung der Rasenschmiele *(Aira caespitosa)*. Künnemann[5]) konnte neben Rasenschmiele auch Binsen *(Juncaceen)* bekämpfen. Huflattich *(Tussilago farfara)* und Wiesenknöterich *(Polygonum bistorta)* trieben später jedoch wieder durch. Neuweiler[6]) hatte zunächst bei der Bekämpfung von Ampferarten *(Rumex)* keine Erfolge. Die Wirkung war besser, wenn die Köpfe der Pflanzen vor dem Begießen oder Bestreuen abgemäht wurden. Dasselbe beobachtete Klapp[7]) bei der Rasenschmiele. Fischer[8]) konnte bei seinen Versuchen zur Bekämpfung der Pestwurz *(Petasites officinalis)* mit einem chlorathaltigen Mittel Erfolge erzielen. Bei den Versuchen von Fürst[9]) waren *Rumex obtusifolius* bzw. *R. crispus* nach Behandlung mit Natriumchlorat, wenn die Blätter vorher abgeschnitten waren, nach 20 Tagen, und wenn sie nicht abgeschnitten wurden, nach 30 Tagen abgetötet. Das Bestreuen wirkte besser als das Begießen mit Lösungen. Nach Fron[10]) kann sogar *Ranunculus arvensis* durch Natrium- und Kaliumchlorat weitgehend vernichtet werden.

Chlorathaltige Mittel haben gegenüber arsenhaltigen Mitteln den Vorzug,

---

[1]) Clouston, D., and Hill, A., The use of chlorates as weed eradicators. Scott. Journ. Agric. **16**, 1933, 196—208.

[2]) Rathlef, H., zit. nach Fürst, F., Chemische Pflanzengifte als Unkrautvertilgungsmittel. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **13**, 1935, 1—27.

[3]) Fürst, F., ebenda.

[4]) Schneider-Kleeberg, K., Die Bekämpfung der Rasenschmiele *(Aira caespitosa)* mit Natriumchlorat. Dtsch. Landw. Presse **53**, 1927, 318.

[5]) Künnemann, Die Bekämpfung von Grünlandunkräutern mit chemischen Mitteln. Hann. land- und forstw. Ztg. **81**, 1928, 1128.

[6]) Neuweiler, E., Unkrautvertilgungsversuche mit Natriumchlorat. Landw. Jahrb. d. Schweiz **44**, 1930, 403—411.

[7]) Klapp, E., Rasenschmielebekämpfung. Dtsch. Landw. Presse **60**, 1933, 320.

[8]) Fischer, Jos., Hedit gegen Pestwurz. Nachr. über Schädlingsbek. **8**, 1933, 124—127.

[9]) Fürst, F., Chemische Pflanzengifte als Unkrautvertilgungsmittel. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **13**, 1935, 1—27.

[10]) Fron, G., Le chlorate et la destruction des renonculus. Journ. Agric. prat. **97**, 1933, 499—501.

daß sie verhältnismäßig ungiftig sind. Bei Anwendung von Lösungen besteht im allgemeinen für das Vieh keine Gefahr. Ob das Salz als solches schädlich werden kann, ist unter anderen von Brigl und Windheuser[1]) untersucht worden. Sie verfütterten 2—3 Monate lang täglich 10—20 g Natriumchlorat an Hammel und Ziegen, ohne daß eine Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes beobachtet wurde. Allerdings trat bei Hammeln eine Gewichtsabnahme, bei Ziegen eine Abnahme des Milchertrages ein. Es empfiehlt sich, auf Weiden, die mit Natriumchlorat behandelt sind, das Vieh erst nach stärkeren Niederschlägen zu bringen.

Natriumchlorat hat die Eigenschaft, daß es sehr schnell ausgewaschen wird. Infolgedessen kann es unter Umständen bei starken Regenfällen auf benachbarte Flächen gespült werden. So berichtet Kotte[2]), daß in der Nähe eines Bahndammes Kartoffeln starke Schädigungen zeigten. Osterwalder[3]) berichtet über Schäden an Reben und beschreibt auch die Erkennungsmerkmale für Chloratschäden.

Ein Nachteil des Natriumchlorates besteht darin, daß es bekanntlich besonders beim Vermischen mit brennbaren Stoffen explosive Gemenge ergibt. Mit Natriumchloratlösung befeuchtete Kleider, Schuhe und Holzwerk sind leicht entzündlich. Wäßrige Natriumchloratlösungen sind ungefährlich. Mit 2%igen Lösungen behandelte Pflanzen brennen nicht leichter als dürres Gras. Dagegen soll nach Wöhrl[4]) mit 10%igen Lösungen behandeltes Holz rasch Feuer fangen können. Als Behälter sind nicht Holzfässer, sondern nur Eisen- und Emaillegefäße zulässig, die wegen der Hygroskopizität des Natriumchlorats geschlossen zu halten sind. Es ist daher versucht worden, durch Zusatz von hygroskopischen Salzen diese Gefahr herabzusetzen. Besonders Kalziumchlorid und Magnesiumchlorid sind für diesen Zweck verwendet worden. Nach Chabrolin[5]) wird dies durch diese Salze erreicht. Dieselbe Feststellung machte Cook[6]), die Feuergefährlichkeit wurde herabgesetzt. Hessenland, Fromm und Saalmann[7]) beobachteten, daß die Feuergefährlichkeit abnahm durch Zusatz von Chloriden, ohne daß die Wirkung gegen Unkräuter wesentlich vermindert wurde. Durch Zusatz von 2% Chlorid wurde die Korrosionswirkung gegen Stahl, Messing, Zink und Kupfer merklich erhöht. Die Zersetzlichkeit des Natriumchlorats wird nach Amiel[8]) auch durch Alkaliazetat vermindert.

---

[1]) Brigl, P., und Windheuser, C., Über Verfütterung von Natriumchlorat an Schafe und Ziegen. Landw. Vers. Stat. **109**, 1929, 225—235.

[2]) Kotte, W., Schäden an Kulturpflanzen durch Unkrautbekämpfung der Reichsbahn. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **12**, 1932, 2—4.

[3]) Osterwalder, A., Immer wieder Natriumchloratvergiftungen an Reben. Schweiz. Ztschr. f. Obst- u. Weinbau **44**, 1935, 441.

[4]) Wöhrl, Ztschr. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens **18**, 1926.

[5]) Chabrolin, Ch., Le desherbage sélectif des céréales par la chlorate de soude. Compt. Rend. Acad. Agric. France **19**, 1933, 1035—1040.

[6]) Cook, W. H., Fire hazards in the use of oxidizing agents as herbicides. Canad. Journ. of Res. **8**, 1933, 509—544.

[7]) Hessenland, M., Fromm, F., und Saalmann, L., Über die Anwendung von Chloraten zur Unkrautvertilgung. IV. Mitt. Über chloridhaltige Chloratlösungen. Chem. Ztg. **57**, 1933, 641—643.

[8]) Amiel, Einwirkung der Chlorate auf S, Se und Te. Compt. Rend. Acad. Sci. **198**, 1934, 1033—1035.

In Deutschland ist in den letzten Jahren eine große Zahl von Mitteln in den Handel gekommen, die als wirksamen Bestandteil Natriumchlorat und meist zur Herabsetzung der gefährlichen Eigenschaften des Chlorats stabilisierende, alkalische, mehr oder weniger feuerlöschende Verbindungen enthalten. Nach einem Patent der I. G.-Farbenindustrie[1]) kann die Feuergefährlichkeit des Natriumchlorats dadurch beseitigt werden, daß entweder nach dem Absterben der Unkräuter mit reduzierenden Verbindungen gespritzt wird, oder daß dem Chlorat solche reduzierenden Schwefelverbindungen zugesetzt werden, die in verdünnter Lösung nicht mit Chlorat reagieren, es aber nach dem Eintrocknen zerstören.

Kalziumchlorat, $Ca(ClO_3)_2$. An Stelle des Natriumchlorates hat man vielfach versucht, das billigere und unter keinen Umständen feuergefährliche Kalziumchlorat zu verwenden.[2]) Ein Fertigpräparat ist Sinaflor. Durch Patent ist der I. G.-Farbenindustrie ein Verfahren geschützt, nach dem ein technisches Kalziumchlorat mit 97,5% $Ca(ClO_3)_2 \cdot 2\,H_2O$, 1,5% $CaCl_2$ und 1% NaCl gewonnen wird.[3]) Dem Amerikaner Chipman[4]) sind Gemische aus Natriumchlorat und Kalziumchlorid patentiert.

Eisen- und Zinnchlorate sind der I. G.-Farbenindustrie als leichtzersetzliche Mittel gegen Unkraut geschützt.

Ammoniumchlorat, $NH_4ClO_3$, ist durch seine Explosivität als Unkrautvertilgungsmittel durchaus ungeeignet. Schon vor dem Mischen von Alkalichloraten mit Ammoniumsalzen muß gewarnt werden.[5])

Chlorite an Stelle der Chlorate wurden zur selektiven Unkrautbekämpfung vorgeschlagen, weil dadurch Gräser erhalten bleiben. Zusatz von $NaH_2PO_4$ soll die Wirkung steigern.[6])

Chlorkalk, $Ca\langle^{Cl}_{OCl}$. Molz[7]) verwendete 10—12%igen Chlorkalk, der durch Strecken der üblichen 20%igen Ware mit Ätzkalk gewonnen war, zur Nematodenbekämpfung. Durch die Anwendung des Mittels werden die Larven zunächst „aus den Eiern und Zysten hervorgelockt" und verfallen dann in einen starreartigen Reflexzustand, der nach einiger Zeit zum Tode führt. Nach Sokolow[8]) ist ein Gemisch aus 1 Teil Chlorkalk und 4 Teilen Asche 2—2,5 dz je Hektar für die Bekämpfung von Ackerschnecken geeignet. Vgl. auch S. 167.

---

1) D.R.P. 460546.

2) Barnett, H. L., and Hanson, H. C., Control of leafy spurge and review of literature on chemical weed control. Agric. Exp. Stat. North Dakota Bull. **277**, 1934; Hulbert, H. W., Spence, H. L., and Benjamin, L. V., The eradication of *Lepidium draba* Journ. Am. Soc. Agron. **26**, 1934, 858—864.

3) D. R. P. 549645.

4) D. R. P. 553 612. 1932.

5) Potjewijd, T., Ein Fall von spontaner Zersetzung von Ammoniumchlorat. Pharmac. Weekblad **72**, 1935, 68—69; Chem. Ztrbl. 1935, I, 2238.

6) Mathieson Alkali Works Inc. A. P. 1930781. Chem. Ztrbl. 1934, I, 1547.

7) Molz, F., Über die Bekämpfung der Rübennematoden *(Heterodea Schachtii)* mit reizphysiologisch wirkenden Stoffen. Ztrbl. f. Bakt. II **81**, 1930, 92—103.

8) Sokolow, A., Neues über die Lebensgewohnheiten und die Bekämpfung der Ackerschnecken. Mitt. (Stornik) d. Inst. f. Pflanzenschutz, **7**, 1933, 39—48 (russisch).

## 8. Säuren und Peroxyde

Schwefeldioxyd, $SO_2$, das beim Verbrennen von Schwefel oder Schwefelkohlenstoff entsteht, ist ein stechend riechendes farbloses, giftiges Gas vom spezifischen Gewicht 2,213 bezogen auf Luft. 1 l $SO_2$ wiegt 2,86 g. $SO_2$ kommt als Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 1,4 und dem Siedepunkt —10° in Stahlflaschen in den Handel. Als viskose Flüssigkeit mit Zusatz von Milchsäure oder milchsauren Salzen kommt schweflige Säure unter dem Namen Sulfoliquid in den Handel.

Eine Anwendung an lebenden Pflanzen ist im allgemeinen nicht üblich, da das Gas ein starkes Pflanzengift ist. Bekannt ist das Ausschwefeln von Fässern und Einmachgläsern. Im Pflanzenschutz spielt Schwefeldioxyd bei der Bekämpfung unterirdisch lebender Tiere besonders von Feld- und Wühlmäusen eine Rolle. Meist werden in besonderen Vergasungsapparaten die Patronen entzündet und die Gase in die Gänge und Baue eingeleitet. Die Patronen bestehen meist aus Schwefel, Sägespänen, Salpeter und anderen Stoffen. Die Zusammensetzung der Verbrennungsgase wechselt mit dem Mischungsverhältnis der genannten Stoffe. Oft entsteht fast gar kein $SO_2$, sondern überwiegend $H_2S$, CO, $CO_2$ und Kohlenoxysulfid COS, das mit feuchter Luft weiter in $CO_2$ und $H_2S$ zerfällt.

In Frankreich ist Schwefeldioxyd zur Winterbekämpfung von tierischen Schädlingen an Reben verwendet worden. Dabei werden Zinkblechhauben oder leere Tonnen über die einzelnen Stöcke gestülpt und der Schwefel darunter zur Entzündung gebracht. Nach Bourcart[1]) kann ein Arbeiter täglich bei Benutzung von 20 Blechhauben 1000 Stöcke behandeln. Nach Hollrung[2]) ist die Tagesleistung von 3 Arbeitern mit 12 Apparaten nur 350—400 Stöcke. Hollrung gibt ferner an, daß für eine Blechhaube von 190 × 40 cm Größe 15 g Schwefel und eine Einwirkungsdauer von 10 Minuten ausreichend ist. Bei Regen und wenn die Temperatur bis in die Nähe des Gefrierpunktes gesunken ist, darf die Behandlung nicht vorgenommen werden. Neuerdings hat sich Schwefeldioxyd bei der Entseuchung abgeernteter Gewächshäuser sehr bewährt. Die Angaben über die Menge Schwefels, die für 1 cbm Raum erforderlich ist, schwanken sehr. Guba[3]) hatte mit 4,2 g Schwefel auf 1 cbm bei der Abtötung von Sporen von *Cladosporium fulvum* gute Erfolge, während Small[4]) 26,4 g, Williams[5]) 33,6 g und Makemson[6]) sogar 85,7 g Schwefel für 1 cbm für erforderlich halten. Bei Versuchen von

---

[1]) Bourcart, zit. nach Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung, Verlag Hirzel, Leipzig 1927, S. 33.

[2]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 121—122.

[3]) Guba, E. F., Tomato leaf-mold: The use of fungicides for its control in greenhouses. Mass. Agric. Exp. Stat. Bull. **248**, 1929; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugbl. 104/105 der Biol. Reichsanstalt.

[4]) Small, T., Tomato leaf mould. 15. Ann. Rept. Exp. and Res. Stat., Cheshunt, Herts. 1929. 1930.

[5]) Williams, P. H., Tomato leaf mould. 11. Ann. Rept. Cheshunt Exp. and Res. Stat., Hertfordshire 1925, 1926.

[6]) Makemson, W. K., The leaf mould of tomatoes, caused by *Cladosporium fulvum Cke.* Mich. Acad. Sci. Rept. 1918,

van der Meer[1]) genügten in dichten Gewächshäusern bereits 2,5 g bei 20 Minuten Einwirkungsdauer für die Abtötung von Sporen von *Cladosporium fulvum*. In der Praxis jedoch, als die Gewächshäuser nicht dicht waren, waren 10 g Schwefel auf 1 cbm und eine zweistündige Einwirkung für befriedigende Erfolge nötig. Die verschiedenen Angaben über die erforderlichen Mengen sind deshalb wohl dadurch zu erklären, daß die Gewächshäuser, in denen die Versuche angestellt wurden, mehr oder weniger dicht waren.

Schwefelsäure, $H_2SO_4$, zuerst als Mittel zur Beizung von Rübenknäuel verwertet (S. 213), hat als Fungizid nur geringe Bedeutung. Nach Galloway[2]) erzielt man mit 2%iger Schwefelsäure gute Erfolge bei der Bekämpfung von *Mycosphaerella fragariae*. Die Blätter der bald nach der Ernte bespritzten Pflanzen gehen zwar zugrunde, doch erscheinen bald wieder gesunde Blätter. Nach Kölpin Ravn, Ferdinandsen, Lind und Rostrup[3]) ist eine 2%ige Schwefelsäure als Winterbekämpfungsmittel gegen den amerikanischen Stachelbeermehltau geeignet. Capus[4]) fand, daß die durch *Leptosphaeria herpotrichus* verursachte Fußkrankheit des Getreides mit Schwefelsäure bekämpft werden kann. Neuerdings stellte auch Carré[5]) fest, daß Weizen, der, als er 40 cm hoch war, zur Unkrautbekämpfung mit 20%iger Schwefelsäure bespritzt war, nicht von Fußkrankheiten befallen wurde. Capus und Carré führen die Wirkung der Schwefelsäure darauf zurück, daß die unteren Blätter zerstört werden, so daß der Erreger keine Angriffsflächen hat. Schmidt und Feistritzer[6]) haben festgestellt, daß durch die Behandlung des Bodens mit Schwefelsäure die Fußkrankheiten eingedämmt werden können.

In letzter Zeit hat die Schwefelsäure eine weitere Verwendung als Pflanzenschutzmittel in England gefunden. Bates und Martin[7]) konnten dadurch, daß sie Kartoffelstrünke mit Schwefelsäure spritzten und vernichteten, die Infektion der Knollen mit *Phytophthora infestans* verhindern. 10%ige Säure zeigte fast ebenso gute Erfolge wie 20%ige. Selbst im Jahre 1934, als Phytophthora nur in geringem Maße auftrat, konnte noch ein Mehrertrag durch die Behandlung erzielt werden.

Nach Ravaz[8]) wirkt eine 10%ige Lösung gegen die Anthraknose des Weinstockes.

---

[1]) Van der Meer, J. H. H., Maatregelen ter voorkoming eener ernstige aantasting der tomaten door de schimmel *Cladosporium fulvum Cke.* („Meeldauw"). Tijdschrift over Plantenziekten **37**, 1931, 69—90.

[2]) Galloway, zit. nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 125.

[3]) Kölpin Ravn, F., Ferdinandsen, F., Lind, J., en Rostrup, S., Oversight over Haferbrugsplanternes Sygdomme i 1916 og 1917. Tidskr. f. Planteavl. **26**, 1919, 298—334.

[4]) Capus, J., Die Wirkung der Schwefelsäure auf die Fußkrankheit des Getreides *(Leptosphaeria herpotrichoides)*. Compt. rend. Acad. d'Agric. France **1**, 1915, 224—231.

[5]) Carré, G., L'acide sulphurique et le pietin du blé. Journ. d'Agric. Prat. **97**, 1933, 282—283.

[6]) Schmidt, E. W., und Feistritzer, W., Beiträge zur Fußkrankheit des Getreides und ihrer Bekämpfung. Arch. f. Pflanzenbau **10**, 1934, 391—421.

[7]) Bates, G. H., and Martin, L. D., Sulphuric acid spraying of potato haulm to prevent late infection of the tubers with blight. Journ. of Min. of Agric. **42**, 1935, 231—235.

[8]) Ravaz, L., Traitement de l'Anthracnose. Prog. Agric. et Vitic. **74**, 1920, 103—104.

Besondere Bedeutung hat die Schwefelsäure als Unkrautbekämpfungsmittel erlangt. Die ersten Versuche wurden von Gelpke[1]). Rabaté[2]) und Morettini[3]) gemacht. Nach Martin[4]) werden in Frankreich jährlich 520000 acre (rund 200000 ha) mit Schwefelsäure zur Unkrautbekämpfung verwendet. Auch in England ist diese Art der Unkrautbekämpfung in den letzten Jahren mehr und mehr eingeführt worden. Während 1931 die Schwefelsäure kaum angewendet wurde, wurden 1933 schon 5570 acre (= 2250 ha) behandelt. Die Wirkung der Schwefelsäure hat man zunächst auf Plasmolyse zurückgeführt. Man nahm an, daß durch Wasserentzug das Protoplasma abgetötet wird. Gelpke stellte jedoch fest, daß die Behandlung mit Schwefelsäure gar nicht erst Plasmolyse bewirkt, sondern daß der gesamte Zellinhalt unmittelbar fixiert wird und abstirbt. Der Zellsaft färbt sich rosa. Die Chlorophyllkörner nehmen einen gelbgrünen Ton an. Aslander[5]) beobachtete, daß Zellen, die 5 Minuten lang in 0,5%ige Schwefelsäure gebracht wurden, eingingen, ohne daß Plasmolyse beobachtet wurde. Aslander fand ferner, daß das Chlorophyll bereits durch sehr geringen Schwefelsäurezusatz braun gefärbt wird und sich folgendermaßen zersetzt: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg + H_2SO_4 = C_{55}H_{72}O_5N_4H_2 + MgSO_4$. An Schnitten durch behandelte Blätter konnte Aslander beobachten, daß die Säure schnell in das Blatt eindringt. Das Protoplasma war grützig, die Chloroplasten aufgelöst, dagegen schienen die Zellwände nicht angegriffen zu sein. Nach den Beobachtungen von Aslander kommt die Säure durch die Spaltöffnungen in das Innere der Blätter, Bei 30° C trat das Absterben in 30—60 Minuten ein, bei 6° C erst nach 4—5 Stunden. Bei trockenem Wetter macht sich die Einwirkung schneller bemerkbar als bei feuchtem. Wenn mindestens ½ Stunde zwischen der Behandlung und dem nächsten Regen liegt, tritt die Wirkung ein. Aslander konnte auch die Frage klären, weshalb die Angaben über die für die Abtötung notwendigen Konzentrationen so sehr schwanken. Er fand nämlich, daß Pflanzen von *Sinapis arvensis*, die in einem feuchten warmen Treibhaus aufgewachsen waren, bereits nach Bespritzen mit einer 1,5%igen Schwefelsäurelösung abgetötet wurden, während für die Abtötung von Pflanzen, die im Winter im Freien gewachsen waren, eine solche von 5% erforderlich war. Da die unter ungünstigen Bedingungen aufgewachsenen Pflanzen einen höheren Gehalt an Aschen- und Trockensubstanz aufwiesen, ist Aslander der Ansicht, daß diese infolgedessen eine größere Säuremenge neutralisieren können als die unter günstigen Bedingungen aufgewachsenen. Die Angaben über die bei der Unkrautbekämpfung erforderlichen Konzentrationen der Schwefelsäure schwanken stark, das ist darauf zurück-

---

[1]) Gelpke, W., Beiträge zur Unkrautbekämpfung durch chemische Mittel, insbesondere durch Schwefelsäure. Hannover 1914, 72 S.

[2]) Rabaté, Emploi de l'acide sulfurique pour la destruction des mauvaises herbes dans les champs de blé. Montpellier 1912.

[3]) Morettini, A., L'impiege dell' acid solforica per combatere le erbe infeste ne frumente. Staz. Sperim. Agrar. Ital. 48, 1915, 693—716.

[4]) Martin, L. D., Spraying weeds in cereals with sulphuric acid. Journ. Min. Agric. London 40, 1934, 1129—1135.

[5]) Aslander, A., Sulphuric acid as a weed spray. Journ. of Agric. Res. 34, 1927, 1065 bis 1091.

zuführen, daß die Wirkung außer von dem Entwicklungszustand der Pflanzen auch noch stark von äußeren Bedingungen abhängig ist. Außerdem ist zu beachten, daß verschieden konzentrierte Säuren im Handel sind. Nach Martin[1]) muß eine 77%ige Schwefelsäure, je nach dem, welches Unkraut bekämpft werden soll, in verschiedenen Konzentrationen verwendet werden. Für 1 ha sind rund 1000 l Flüssigkeit erforderlich. Die Befürchtung, daß der Boden durch die Schwefelsäurebehandlung stark angesäuert wird, hat sich bei eigenen und bei Versuchen von Martin nicht bestätigt.

Da bei nicht richtiger Durchführung das Verdünnen der konzentrierten Schwefelsäure unter Umständen gefährlich ist, hat man versucht, die Schwefelsäure in streubarer Form zu bringen. Der Fa. „Chinoin" in Ujpest bei Budapest ist ein Verfahren zur Überführung von flüssiger oder gasförmiger Schwefelsäure in streubare Form patentiert.[2]) Nach einem weiteren Patent[3]) erhält man ein streufähiges Schwefelsäure enthaltendes Präparat dadurch, daß man Schwefelsäure mit Gichtstaub mischt.

Zur Frostabwehr im Wein-, Obst- und Gartenbau sind wiederholt die zur Verschleierung von Truppenbewegungen im Kriege benutzten Säurenebel vorgeschlagen worden. Sie lassen sich aus einem Gemisch Schwefelsäureanhydrid ($SO_3$) und Chlorsulfonsäure ($SO_2OHCl$) entwickeln. Dazu dienen sog. Säurespritzgeräte und Kalkgeräte. Bei ersteren wird Säurenebel durch Hinwegblasen von Preßluft über die Säure erzeugt, bei letzteren läßt man die Säure auf gebrannten Kalk tropfen, wobei infolge der dabei eintretenden lebhaften Reaktion Säurenebel entstehen. Die Kalkgeräte sollen einen feineren Nebel geben als Säurespritzgeräte. Die anfangs aus einem Gemisch feinster Teilchen von $SO_3$ und $SO_2OHCl$ bestehenden Nebel gehen erst in dichte Nebelschwaden über, wenn sich diese Säuren durch die Feuchtigkeit der Luft in Schwefelsäure und Salzsäure umbilden. Klages[4]) erzeugt einen $SO_3$-haltigen, sehr feinen Nebel mit 8—10 $\mu$ großen Teilchen aus $SO_2$ bei 200—300° mittels Kontaktstoffen.

Nach Hilgendorff[5]) werden Reben durch die Nebel bis zu 100 m Entfernung von der Nebelquelle geschädigt. Ext[6]) hält das Verfahren auf großen Flächen in der Ebene bei Strahlungsfrösten, nicht in hügeligem Gelände bei Kaltluftströmungen für brauchbar. Nach Ext sollen Nebel von 10—20 mg je Kubikmeter Raum in mehrere Meter dicker Schicht genügen und die Kosten nur 4 *RM* je Hektar betragen. Nach Erfahrungen in USA. sollen Säurenebel keinen ge-

---

[1]) Martin, L. D., Spraying weeds in cereals with sulphuric acid. Journ. Min. Agric. London **40**, 1934, 1129—1135.

[2]) D. R. P. 540173 Kl. 45 l, Gr. 5, 1931.

[3]) D. R. P. 554148 Kl. 45 l, Gr. 5, 1930.

[4]) D. R. P. 567734, 1933.

[5]) Hilgendorff, G., Über die Verwendung von Säurenebeln im Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. f. Deutsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 9—10.

[6]) Ext, W., Phytotoxische Versuche mit neuartigen künstlichen sog. Säurenebeln zur Abwehr von Nachtfrostschäden in Baumschulen, Weinbergen und sonstigen gärtnerischen Kulturen. Angew. Bot. **13**, 1931, 262—289; ders., Neue Erfahrungen über die Verwendung von Säurenebeln zur Frostverhütung. Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 81—82.

nügenden Schutz gegen Frost bieten.[1]) Dratschew[2]) hält $SO_3$- und HCl-Nebel ebenfalls für unbrauchbar und schlägt dafür vor: Gemische aus Metallpulvern und organischen Chlorverbindungen mit oder ohne kohlenstoffreiche organische Stoffe, ferner $NH_4Cl$-Rauch.

Salzsäure, HCl, läßt sich nach Molz[3]) als Beizmittel für Getreide verwenden.

Arsenige Säure s. Arsenverbindungen S. 406.

Wasserstoffsuperoxyd, Hydroperoxyd, $H_2O_2$, in wäßrigen Lösungen bei Abwesenheit jeder Spur Alkali (auch Glas) ziemlich haltbare, in Lösungen über 30% (Perhydrol) sehr vorsichtig zu handhabende, in wasserfreiem Zustand äußerst explosive Flüssigkeit. Es ist in verdünnten und konzentrierten Lösungen (10—40%) als Beizmittel vorgeschlagen worden.[4]) Bei Untersuchungen von Pichler[5]) hat sich aber gezeigt, daß das Mittel für Beizzwecke nicht brauchbar ist.

## *II. Organische Grundstoffe*

### 1. Gasförmige organische Verbindungen

Die gasförmigen Stoffe sind durch ihren Aggregatzustand die gegebenen Vergasungsmittel. Andererseits werden zur Vergasung keineswegs nur solche Stoffe verwandt, die bereits bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig sind, sondern auch eine Reihe flüssiger oder sogar fester Stoffe mehr oder minder hohen Siedepunktes, die jedoch in jedem Falle durch hohe Flüchtigkeit ausgezeichnet sind. Unter den drei hier behandelten Stoffen dient der Formaldehyd in gelöster Form auch anderen Zwecken. Literatur:[6])

Äthylenoxyd $CH_2$—O—$CH_2$ (ring: $CH_2$—$CH_2$ bridged by O), durch Einwirkung von Kalilauge auf Äthylenchlorhydrin oder auch direkt aus Äthylen herstellbar, ist eine leicht bewegliche, farblose, in Wasser und organischen Lösungsmitteln lösliche Flüssigkeit vom Sdp. + 10,2°, spez. Gew. der Flüssigkeit 0,887 (9°), Dichte des Gases (Luft gleich 1) 1,52, Litergewicht des Gases 1,97 g, Entflammungspunkt —57°. Die untere Explosionsgrenze beträgt nach der Chemisch-Technischen Reichsanstalt 5,1%. Peters und Ganter[7]) fanden, daß sie bei einem Unterdruck von — 700 mm Hg auf 10 g pro $m^3$ sinkt. Auch die obere Explosionsgrenze zieht sich entsprechend weit herunter. Bei der Lagerung von Äthylenoxyd wurden Polymerisationsvorgänge beobachtet, die die Verwendbarkeit des Gases stark herabsetzen.

---

[1]) Young, F. D., Frost and the prevention of frost damage. U. S. Dept. Agric. Farm. Bull. Nr. **1588**, 1929, 62 S.

[2]) Dratschew, S. M., Die künstlichen Nebel als Frostschutz. G. Chimici **28**, 1934, 3—8; Ref. Chem. Ztrbl. 1934, I, 2816.

[3]) D.R.P. Nr. 583605, 1933.

[4]) D.R.P. Nr. 576815; Kisser, J., und Portheim, L., Versuche über die Verwendbarkeit von Wasserstoffsuperoxyd. Phytop. Ztschr. **6**, 1934, 409—426.

[5]) Pichler, F., Über die Verwendbarkeit von Wasserstoffsuperoxyd als Saatgutbeizmittel. Phytop. Ztschr. **8**, 1935, 245—251.

[6]) Frickhinger, H. W., Gase in der Schädlingsbekämpfung. Berlin 1934; Flury, F., u. Zernik, F., Schädliche Gase. Berlin 1931.

[7]) Peters, G., u. Ganter, W., Die Explosionsgrenzen von Äthylenoxyd, Blausäure und Schwefelkohlenstoff bei Unterdruck. Angew. Chem. **51**, 1938, 29—33.

Man betrachtet Äthylenoxyd neuerdings als brauchbares Vergasungsmittel zur Schädlingsbekämpfung, das bei guter insektizider Wirkung den für Blausäure bestehenden Nachteil sehr großer Giftigkeit für Warmblüter nicht besitzen soll, Metalle, Farben, Stoffe, trockene Nahrungsmittel nicht angreift, keinen Geruch hinterläßt und hohes Durchdringungsvermögen (höher als $SO_2$) besitzt. Es kommt als Flüssigkeit in Stahlzylindern in den Handel, meist mit Zusatz von Kohlensäure, weil Äthylenoxyd allein sich aus den als Behälter dienenden Stahlflaschen nur schlecht vergasen und verteilen läßt. Gleichzeitig setzt $CO_2$ seine Entflammbarkeit herab.[1]) Bekannte Präparate sind die Äthylenoxyd-Kohlensäurengemische *T-Gas* (10 : 1), *Aetox* (1 : 2) und *Cartox* (1 : 9) sowie das gegen Insekten und Bakterien verwendbare *T-Gas I B*, eine Mischung von T-Gas und Formaldehyd. Formaldehyd und auch Azetaldehyd sollen nach Goldschmidt[2]) die Wirksamkeit des Gases erhöhen und zugleich als Warnstoff dienen. Ein Äthylenoxyd-Kohlensäuregemisch kann man sich auch durch Abfüllen reinen Äthylenoxyds aus Stahlflaschen in Glassyphons und Sättigung des Äthylenoxyds darin mit Kohlensäure selbst bereiten.[3])

Die Verwendung von Äthylenoxyd unterliegt gesetzlichen Bestimmungen; auch sind zur Verhütung von Explosionen bei Äthylenoxyddurchgasungen, die durch Funkenbildung an elektrischen Anlagen entstehen können, Verordnungen erlassen worden.[4])

Bei Insekten führt die Begasung zu einem typischen „Spättod". Beim Menschen ruft Äthylenoxyd nach längerem Einatmen Zyanose hervor.[5]) Flury[6]) hält schon eine Atmosphäre mit 0,5 g/cbm für bedenklich, mit 1 g/cbm für gefährlich. Die Vergiftung verläuft nach Flury auch beim Menschen in zwei Phasen, einer primären, rein narkotischen, mit mäßigen lokalen Reizwirkungen und einer sekundären, erst nach Tagen und selbst mehreren Wochen auftretenden durch allgemeine Zellgiftwirkungen charakterisierten. Sein Geruch ist zu gering, um als Warnung zu dienen, dagegen kann die Reizung von Augen und Nase, die schon bei verhältnismäßig harmloser Konzentration eintritt, als Warnzeichen gelten.

Anwendung findet T-Gas zur Ungezieferbekämpfung, während Cartox zur Getreideentseuchung bei Silolagerung benutzt wird.

Propylenoxyd, $CH_3—CH_2—CH_2$ (mit O-Brücke zwischen den beiden letzten C-Atomen), Sdp. 35°, mit Wasser und organischen Lösungsmitteln mischbare Flüssigkeit, im übrigen von ähnlichen Eigenschaften wie Äthylenoxyd, versucht man für ähnliche Zwecke wie dieses zu benutzen. Die Goldschmidt A. G. wendet beide

---

[1]) Chem. Ztrbl. 1933, II, 1069.

[2]) Goldschmidt, Th., D. R. P. 252034, 1932.

[3]) Näheres darüber Schädlingsbekämpfung mit hochgiftigen Stoffen, Heft 2, Äthylenoxyd von Lentz, O., u. Gaßner, K. Verlag Richard Schoetz, Berlin 1934.

[4]) Reichsverordnungen vom 26. 2. 32, Reichsgesetzblatt 1932, I, 97; 1934, I, 136, 1260; Amtliche Pflanzenschutzbest. Bd. IV, 52; Bd V, 64; Rundschreiben des Reichsministeriums für Ernährung und Landwirtschaft vom 29. 9. 32; Ausführungsbest. f. Preußen vom 26. 4. 32 (V. W. 1932, 415), für Bayern vom 11. 3. 32 (G. Bl. 1932, 169), für Sachsen vom 10 3. 32 (G. Bl. 1932, 25).

[5]) Cotton, R. T., u. Roark, R. C., (Äthylenoxyd als Räuchermittel). Ind. and Engin. Chemistry **20**, 1928, 805; Chem. Ztrbl. 1928, II, 2170.

[6]) Flury, F., Über Äthylenoxyd (T-Gas). Ztschr. f. Angew. Chem. **43**, 1930, 1013.

Stoffe für sich oder als Gemisch gegen Ungeziefer an.[1]) Harvey[2]) hält Propylenoxyd und Äthylenoxyd für wirksamere und geeignetere Unkrautbekämpfungsmittel als Chlorate und Chloride.

Blausäure, Zyanwasserstoff, HCN, farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit vom Sdp. + 25,7° und Smp. — 14°, spez. Gew. der Flüssigkeit 0,682, spez. Gew. des Gases (Luft = 1) 0,95, Litergewicht des Gases 1,20 g bei 0° und 760 mm. In jedem Verhältnis mit Wasser, Alkohol und Äther mischbar. Nach der Chemisch-Technischen Reichsanstalt liegt die untere Explosionsgrenze bei 12,75 Vol.%, während bei Entwesungen nur Konzentrationen bis zu 3 Vol.% verwendet werden. Blausäure ist nur in ganz reinem Zustand unverändert haltbar. Schon Spuren von Wasser oder Ammoniak wirken auf die Dauer zersetzend unter Bildung tiefbrauner Polymerisate. Aufbewahrung in Stahlflaschen scheint besonders leicht zu Explosionen zu führen.

In U. S. A. werden aber Fässer mit 97 %iger HCN für die Bekämpfung von Citrusschädlingen über weite Strecken versandt. Die schon beobachtete, zum Zerplatzen der Behälter führende Zersetzung von in Kieselgur aufgesaugter Blausäure wird anscheinend durch Umsetzung mit alkalischen Bestandteilen des Kieselgurs unter Bildung von $NH_3$ und Auslösung von Polymerisationsvorgängen veranlaßt.

Zusatz von gekörntem Kalziumchlorid macht wasserfreie Blausäure etwas haltbarer, wässerige Lösungen werden durch Zusatz von Mineralsäure haltbarer. Es sind auch Präparate bekannt, die Additionsverbindungen aus 3 Mol. HCN und 1 Mol. $ZnCl_2$, aufgesaugt in indifferentem Material enthalten und bei Zugabe von Wasser die Blausäure freigeben.

Blausäure riecht durchdringend kratzend, in starker Verdünnung nur schwach nach bitteren Mandeln und gehört zu den stärksten aller bekannten Gifte. Die tödliche Dosis für den Menschen liegt bei etwa 1 mg je Kilo Körpergewicht. Nach Flury und Heubner[3]) kann der Mensch Luft mit weniger als 40—50 mg/cbm dauernd ohne Schaden einatmen, während 60—70 mg/cbm schon gefährlich sind. Auch durch die Haut kann Blausäure aufgenommen werden und sogar zum Tode führen. Gegenmittel, die aber meist zu spät kommen werden, sind künstliche Sauerstoffzufuhr, intravenöse Injektion von Äther, Kampfer, Natriumthiosulfat $Na_2S_2O_3$ oder Natriumtetrathionat $Na_2S_4O_6$[4]), Einnehmen einer frisch bereiteten Mischung von MgO und $FeSO_4$-lösung, oder $H_2O_2$ oder Dioxyazeton.[5])

Blausäure wird als Atemgift gegen Gewächshausschädlinge[6]), Orangen- und Zitronenschädlinge (Zeltverfahren), ferner gegen Mehlmotten in Mühlen und

[1]) Goldschmidt, A. G., Can. P. 301686; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3749.

[2]) Harvey, R. B., The action of toxic agents used in the eradication of noxious plants. Indian Journ. agric. Sci. **2**, 332—337; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3032.

[3]) Flury, F., u. Heubner, W., Entgiftung eingeatmeter HCN. Bioch. Ztschr. **95**, 1919, 294—256.

[4]) Science, N. S. **78**, 1933, 145.

[5]) Chem. Ind. 1929, Nr. 27, Beilage S. 30.

[6]) Hülsenberg, Versuche mit Kalziumzyanid zur Bekämpfung von Gewächshausschädlingen. Ztschr. f. angew. Entom. **14**, 1928, 285—315; Miles, H. W., On the control of glass house insects with calcium cyanide. Ann. appl. Biology **14**, 1927, 240—246; Moore, W., Calciumcyanide. Journ. econ. Entom. **17**, 1924, 104—106; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugblatt **104/108** der Biol. Reichsanstalt Berlin. Peters, G., Blausäure zur Schädlingsbekämpfung. Enke-Stuttgart 1933.

zur Desinfektion von Pflanzensendungen benutzt. Die einigermaßen haltbaren Salze der Blausäure dienen als Quelle für Blausäure, wirken aber nie als Salze selbst.

Kaliumzyanid, Zyankalium, KCN (Mol.-Gew. 65) und Natriumzyanid, Zyanatrium, NaCN (Mol.-Gew. 49) sind farblose, leicht wasserlösliche Verbindungen, die an der Luft durch die Einwirkung der Kohlensäure Blausäure abgeben und stark danach riechen. Sie sind dementsprechend gut verschlossen aufzubewahren. Kaliumzyanid soll nach englischen Normen[1]) mindestens 93%, Natriumzyanid mindestens 97% enthalten. Der Gehalt an NaCN wird häufig in Prozenten für KCN angegeben. Da 100 Teile NaCN 132,8 Teilen KCN äquivalent sind, wird 97—99%iges NaCN oft als 129—130%iges Zyanid bezeichnet.

„*Calcid*" ist ein Kalziumzyanid mit 88—89% $Ca(CN)_2$ und 11—12% $Ca(OH)_2$ sowie etwas $CaCO_3$. Es wird in Tabletten geliefert und bei der Anwendung in besonderen Mühlen staubfein gemahlen.

„*Cyanogas*" (englisch: *Cyandust, Calciumdust*) ist rohes Kalziumzyanid, das durch Schmelzen von Kalkstickstoff mit Zusätzen wie Kochsalz hergestellt wird. Der schwärzliche Schmelzfluß enthält etwa 40—50% $Ca(CN)_2$, daneben $CaCl_2$, NaCl, Kohle, Kalziumkarbid und Kalkstickstoff. Es erscheint im Handel als Pulver (Dust), Flocken (Flakes) oder in Körnern (Granula). Nach englischen Normen soll Kalziumzyanid mindestens 40% $Ca(CN)_2$ enthalten.[2]) Die absolute Lagerfestigkeit des $Ca(CN)_2$ ist noch nicht genügend geklärt.

Unter der Einwirkung der Luftfeuchtigkeit zersetzt sich Kalziumzyanid nach der Gleichung:

$$Ca(CN)_2 + 2H_2O = 2HCN + Ca(OH)_2.$$

An der Zersetzung beteiligt sich auch die Kohlensäure der Luft. Die Blausäureentwicklung erstreckt sich auf mehrere Stunden, der größere Teil entsteht bereits in der ersten Stunde. Zur Beschleunigung der HCN-Entwicklung setzt man dem $Ca(CN)_2$ auch wasserfreies $NH_4CN$ zu.[3]) Die zurückbleibende Masse ist nicht vollständig zyanidfrei und mit Vorsicht zu behandeln. Die leichte Verteilbarkeit des Mittels gewährleistet eine gleichmäßige Entwicklung und Verbreitung der Blausäure, so daß die Bildung von konzentrierten Gasschwaden ausgeschlossen ist. Die Dosierung des Kalziumzyanids ist infolge seiner langsamen Zersetzung schwierig. Sie ist abgesehen von der Art der zu behandelnden Schädlinge und Pflanzen abhängig von der Temperatur, dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der Dicke der gestreuten Schicht und der Dichtigkeit der Gewächshäuser. Das Mittel muß auf trockenen Unterlagen ausgebreitet werden, weil feuchte Stoffe viel HCN absorbieren.

Begasungen wenig empfindlicher Pflanzen z. B. starkblätteriger Bäume wie Zitruskulturen, ferner im Vorratsschutze führt man zur schnellen Erreichung einer hohen Gaskonzentration nach dem Zyklon-, dem Bottich- oder dem Generatorverfahren aus. Für das Zyklonverfahren verwendet man als HCN-Quelle das *Zyklon B*, das etwa 33% HCN, daneben zur Aufsaugung des HCN-

[1]) Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung 1934, 148.
[2]) Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung 1934, 148.
[3]) A. P. 1908319, 1933.

Kieselgur und weiter als Reiz- und Warnstoff den stark schleimhautreizenden Bromessigsäuremethylester und Chlorpikrin enthält. Weiteres über Reizstoffe siehe S. 544. In dieser Form hat sich HCN als genügend lagerbeständig bewiesen. Zyklon B wird ebenso wie Kalziumzyanid ausgestreut. Die Rückstände sollen praktisch blausäurefrei sein. Bei dem Bottichverfahren wird Blausäure in Bottichen durch Zugabe von KCN oder NaCN in Brocken zu verdünnter Schwefelsäure entwickelt. Nach dem Generatorverfahren stellt man HCN in gleicher Weise in geschlossenen Kesseln her und verteilt ihn durch Rohrleitungen auf verschiedene Räume bzw. Zelte im Freien. Zyanide, Schwefelsäure und das zum Verdünnen der Schwefelsäure dienende Wasser sind zwecks Erreichung optimaler Ausbeuten in folgenden Gewichtsmengen anzuwenden:

$$KCN : H_2SO_4 \text{ (conc.)} : H_2O = 1 : 1 : 3$$

$$NaCN : H_2SO_4 \text{ (conc.)} : H_2O = 1 : 1{,}5 : 2 \text{ bis } 3.$$

Nach einem englischen Patent[1]) läßt sich HCN schnell entwickeln durch Verrühren von NaCN mit $H_2O$ im molekularen Verhältnis 1 : 10 und nachträgliche Zugabe von stöchiometrischen Mengen $NaHSO_4$ in Pulverform; es kommen somit 5 Teile NaCN auf 18 Teile $H_2O$ und 12 Teile $NaHSO_4$.

Eine eigenartige Mischbrühe aus 1 kg Kalziumzyanid (43%), 13 l Schwefelkalkbrühe (32° Bé), 10 kg Kalkhydrat und 740 l Wasser empfiehlt Uphof[2]) gegen Zitruskrankheiten und -schädlinge.

Nach Blausäuredurchgasungen empfiehlt ein französisches Patent[3]) Mischungen aus 10 Teilen Azeton und 4 Teilen HCHO zu verstäuben.

Auf die Zelltätigkeit der Schädlinge übt Blausäure eine vielfache Wirkung aus. Hervorzuheben sind die Unterbindung der Atmung durch Bildung von Zyanhämoglobin, die Verminderung fermentativer Prozesse infolge Bindung des Eisens, die Störung des Gleichgewichtes des Schwefels in eiweißhaltigen Verbindungen. Die Empfindlichkeit der einzelnen Schädlingsarten, aber auch gleicher Arten in verschiedenen Entwicklungsstadien gegen HCN ist sehr verschieden. Unterschiede bestehen in manchen Fällen auch zwischen der Wirkung strömender und ruhender Blausäure. Für jede Insektenart gilt für 100%ige Abtötung bei einer bestimmten Temperatur die Gleichung $C \cdot T = \text{const.}$, d. h. außer der Blausäurekonzentration C muß zur Erzielung optimaler Wirkungen auch die Einwirkungszeit T beachtet werden. Bei der Bekämpfung der roten Kalifornischen Schildlaus ist weniger die Konzentration als Temperatur und relative Feuchtigkeit maßgebend.[4]) In Kalifornien zeigte sich, daß die Widerstandsfähigkeit verschiedener Schildläuse gegen HCN mit den Jahren erheblich zunahm, woraus zu schließen ist, daß bei langjähriger Behandlung der Schädlinge mit HCN allmählich resistente Rassen entstehen können.

---

[1]) Imper. Chem. Industries Ltd., E. P. 395761, 1933.

[2]) Uphof, J. C. Th., *Tillandsia usneoides* als Pflanzenschädling. Ztschr. f. Pflanzenkr.- u. Pflanzensch. **41**, 1931, 593—607.

[3]) F. P. 741889; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1241.

[4]) Moore, W., Studies of the „resistant" California red scale *Aonidiella aurantii Mask.* in California. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1140—1161.

Pratt, Swain u. Eldred[1]) untersuchten an *Hippodamia convergens Guerin* den Einfluß zahlreicher Gase und flüchtiger Stoffe auf die Giftwirkung der Blausäure. 33 von den geprüften Verbindungen kürzten die erforderliche Einwirkungszeit der Blausäure ab. Am wirksamsten waren Salizylaldehyd, Benzaldehyd, Äthylthiozyanat, Allyl-isothiozyanat, Thiophenol, Benzylbromid und Perchlormethylmercaptan (nach Wirksamkeit geordnet), sie sind nicht die hochgiftigen unter den geprüften Stoffen, sondern zumeist solche, die sich durch gleichzeitige Gift- und Reizwirkung auszeichnen. Benzylchlorid besitzt sogar nur Reizwirkung.

Pflanzen sind im allgemeinen wesentlich weniger HCN-empfindlich als Insekten, doch bestehen auch hier erhebliche Unterschiede. Pflanzenschädigungen kommen dadurch zustande, daß HCN durch die Spaltöffnungen der Blätter eindringt und dort die sich unter normalen Verhältnissen abspielenden chemischen Umsetzungen verhindert. Hartblättrige Gewächse vertragen mehr HCN als weichblättrige. Chrysanthemen, Margeriten, Tomaten, Rosen haben sich besonders empfindlich gezeigt. Feuchtigkeit, hohe Temperaturen, Sonnenbestrahlung begünstigen die Schadwirkung. Die Temperaturen sollen zwischen 13 und 22° liegen und nicht sinken, weil dadurch für das Blattwerk gefährlicher blausäurehaltiger Tau entstehen kann. Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft soll zwischen 55 und 70% liegen. Hohe Temperaturen vor und nach der Behandlung wirken nachteilig. Zuckerreiche Gewächse können verhältnismäßig viel Blausäure vertragen.

Beran[2]) zeigt in einer Arbeit über die Beeinflussung von Obst bei Blausäurebegasungen, daß zur Begasung lebender Pflanzen Blausäure ohne Reizstoff zur Verhütung von Beschädigungen vorzuziehen ist.

Wie bei anderen Giftwirkungen geht dem toxischen Einfluß der Blausäure auf Pflanzen ein stimulierendes Stadium voraus. Gaßner[3]) hat ein Frühtreibverfahren beschrieben (25 g 40%iges $Ca(CN)_2$ je Kubikmeter). Über beträchtliche, aber nicht einheitliche Stimulationswirkung (bis zu 30%) von 1 Vol.% HCN auf Kartoffelpflanzgut berichtete Köck[4]).

Die in der Literatur sich findenden Konzentrationsangaben sind teilweise ungenau. Die Konzentrationen werden als Volumprozent, als g HCN/cbm, in Mengen von Kalzium, Kalium- oder Natriumzyanid je Kubikmeter oder 100 cbm genannt. Da 1 l HCN 1,22 g wiegt, entspricht 1 Vol.% 12,2 g HCN/cbm. 100 g 40%iges Kalziumzyanid geben theoretisch 23,5 g HCN; somit entsprechen z. B. 25 g Kalziumzyanid für 100 cbm 0,0048 Vol.%. Aus KCN sind theoretisch 41% HCN, aus NaCN 55% erhältlich, indessen gewinnt man im Bottichver-

[1]) Pratt, F. S., Swain, A. F., and Eldred, D. N., Study of auxiliary gases for increasing the toxicity of hydrocyanic gas. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1031—1041.

[2]) Beran, F., Beeinflussung von Obst bei Blausäurebegasungen. Untersuchungen über die Wirkung von Blausäure und Reizstoffzusatz auf Äpfel. Ztschr. f. Unters. v. Lebensmitteln **69**, 1935, 170—174; ders., Blausäurebegasung an Obst. Neuheit. a. d. Geb. d. Pflanzensch. **26**, 1933, Nr. 4; Buttenberg, P., Blausäuredurchgasungen. Beeinflussung von frischem Obst u. frischem Gemüse. Ztschr. f. Unters. v. Lebensmitteln **57**, 1929, 204—211.

[3]) Gaßner, G., Frühtreibversuche auf Blausäure. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. **43**, 1925, 132; Gartenbauwiss. Bd. 2, Heft 1; Beran, F., Frühtreibversuche mit Blausäure (Cyanogas). Neuheit. a. d. Geb. d. Pflanzensch. **28**, 1935, Nr. 6.

[4]) Köck, G., Blausäurebegasungsversuche an Kartoffelpflanzgut. Fortschr. d. Landwirtsch. **8**, 1933, 102—104.

fahren höchstens 90% dieser Mengen. Einer Anwendung von 1 g KCN/cbm entspricht somit eine Konzentration von 0,03 Vol.%, einer Anwendung von 1 g NaCN 0,04 Vol.%.

Die Schädlingsbekämpfung mit Blausäure beschrieben Lentz und Gaßner.[1])

Chlorzyan, Cl CN, Sdp. 16°, sehr agressives, durch Einwirkung von Chlor auf mindestens 94 %ige Blausäure in Gegenwart säurebindender Mittel wie $CaCO_3$, erhältliches Gas[2]), das zur Polymerisation neigt, wurde im Weltkrieg als Kampfstoff benutzt und dann auch im Pflanzenschutz versucht, aber wegen seiner Einwirkung auf Metalle und Stoffe sowie Reizwirkung zum großen Teil wieder aufgegeben. Mischungen von HCN und ClCN, die unmittelbar vor Gebrauch durch Eintragen eines Gemisches von NaCN, NaCl und $NaClO_3$ in verdünnter HCl erzeugt werden, benutzt die Safety Fumigant Co.[3])

Methylbromid, Brommethan $CH_3Br$., Sdp. 4,5° ist als Begasungsmittel gegen Vorratsschädlinge sehr wirksam.[4]) Hinreichenden Schutz vor diesem auch für Menschen sehr giftigen Stoff gewähren nur Kreislauffilter, nicht jedoch Maskenfilter.[5])

Formaldehyd, Methanal, HCHO, ist ein stechend riechendes Gas, das durch sorgfältig geleitete Oxydation von Methylalkohol mit Luft am Kupfer- oder Silberkontakt bei 300—500° dargestellt wird. Die Handelssorten (Formol, Formalin) stellen 30—40%ige wäßrige Lösungen des Aldehyds vor. Sie enthalten zur Vermeidung der Bildung von Polymeren beträchtliche Mengen Methylalkohol, und zwar gibt man dem 40 Vol.-% = 36,8 Gew.-% starken Formaldehyd im Sommer einen Gehalt von etwa 7—9%, im Winter von etwa 12—14% Methylalkohol; außerdem können geringe Mengen Ameisensäure, Azeton, Azetaldehyd vorhanden sein. Durch Zusatz von 2,5% $MgCO_3$ zur handelsüblichen Ware soll sich Formaldehyd dauernd neutral halten lassen.[6]) Der handelsübliche Ausdruck Volumprozent bedeutet Gramm Formaldehyd in 100 ccm Lösung[7]). Nach englischen Normen soll der Gehalt 36—40 Vol.-% betragen.

Beim Eindunsten der Lösung entsteht Paraformaldehyd $(HCHO)_n$ als weiche, weiße Masse, die beim Eintrocknen in ein stechend riechendes, amorphes, in warmem Wasser lösliches Pulver mit etwa 7% Wasser übergeht. Der in Tafel- oder Pastillenform im Handel erscheinende Paraformaldehyd, auch Paraform oder Trioxymethylen genannt, stellt ein Gemisch aus verschiedenen Polyoxymethylenen vor, die sich durch Molekulargröße, Löslichkeitsverhältnisse und Dampfdruck unterscheiden. Auerbach[8]) wies sechs verschiedene Polymere nach. Der Paraformaldehyd ist in kaltem Wasser fast unlöslich und geht beim Erhitzen für sich oder auch mit Wasser wieder in monomeren Formaldehyd

---

[1]) Lentz, O., u. Gaßner, L., Heft 1 der Schädlingsbek. mit hochgiftigen Stoffen. Richard Schoetz, Berlin 1934.

[2]) Degesch, A. P. 1886487; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2435.

[3]) A. P. 1818136; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1189.

[4]) Vgl. z. B. Mackie, and Carter, Bull. Dep. Agr. Calif. **26**, 1937, 153—162; Lindgren, D. L., Methylbromide fumigation of codling moth larvae. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 1174—1175.

[5]) Friemann, Samml. v. Vergift.-Fällen **8**, 1937, 2, 31.

[6]) A. P. Melv. Dearing; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3193.

[7]) König, H., Unters. landw. wicht. Stoffe. Berlin, 1911. V, II, 365.

[8]) Auerbach, F., und Barschall, H., Arb. a. d. k. Gesundheitsamt **27**, 1908, 183.

über. Walker[1]) unterscheidet zwei Gruppen von Polymeren des Formaldehyds, die Paraformaldehydgruppe mit niedrigem Smp. (121°) und leichter Wasserlöslichkeit, und die Polyoxymethylengruppe mit hohem Smp. (170—173°) und langsamer Wasserlöslichkeit. Der letzten Gruppe schreibt man zyklische Struktur zu.

Da Formaldehyd mit Ammoniak sofort unter Bildung von geruchlosem Hexamethylentetramin reagiert, kann Ammoniak mit Vorteil zur Zerstörung des lange haftenden Formaldehydgeruchs nach Formaldehydräucherungen in Kellern und Ställen gegen Fliegen und Stechmücken verwandt werden.

Auf Grund thermischer und optischer Messungen ermittelten Wadano, Trogus und Heß[2]) Molekülgröße und Art der Bindungskräfte zwischen den sich zu größeren Aggregaten zusammenschließenden Atomgruppen des Formaldehyds in wäßrigen Lösungen.

Formaldehyd spielt in erster Linie als Beiz- und Bodendesinfektionsmittel eine Rolle (S. 210 und 172). Ferner wird es zur Entseuchung von Gewächshäusern nach der Aberntung verwendet. In dieser Richtung liegen vor allem Versuche zur Abtötung der Sporen von *Cladosporium fulvum* vor. Um die Verdampfung des Formaldehyds zu beschleunigen, setzt man Kaliumpermanganat zu, und zwar die halbe Gewichtsmenge von Formaldehyd. Die Mengen, die zur Abtötung als erforderlich angesehen werden, schwanken sehr stark. Makemson[3]) berichtet, daß bei Anwendung von 63,3 ccm 40%igen Formaldehyds auf 1 cbm noch nicht sämtliche Sporen von *Cladosporium fulvum* abgetötet waren, während bei den Versuchen von van der Meer[4]) 1 ccm auf 1 cbm genügte, wenn das Gewächshaus 24 Stunden geschlossen gehalten wurde. Für die Versuche stand allerdings ein sehr dichtes Gewächshaus zur Verfügung. Bei Versuchen in der Praxis zeigte sich, daß zur Erzielung derselben Wirkung vom Schwefel die vierfache Menge erforderlich war als in dem Versuchsgewächshaus. Es ist daher anzunehmen, daß im praktischen Betriebe größere Mengen von Formaldehyd genommen werden müssen, um eine befriedigende Wirkung zu erzielen. Van der Meer hat Versuche mit Formaldehyd in der Praxis nicht durchgeführt, weil er sich etwa doppelt so teuer als Schwefel stellt. Formaldehydpastillen, aus denen der Formaldehyd durch Erwärmen in einer Schale entwickelt wurde, waren etwa achtmal so teuer als Formaldehyd und Kaliumpermanganat.

Als Spritzmittel findet Formaldehyd Anwendung bei der Bekämpfung des amerikanischen Stachelbeermehltaus (*Sphaerotheca mors uvae*). Hollrung[5]), sagt zwar, daß dem Formaldehyd von vornherein alle Eigenschaften abgehen,

---

[1]) Walker, F., Einige Eigenschaften des wasserfreien Formaldehyds. Journ. Am. chem. Soc. **55**, 1933, 2821; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1333.

[2]) Wadano, M., Trogus, C., und Heß, K., Ber. dtsch. chem. Ges. **67**, 1934, 174, 191.

[3]) Makemson, W. K., The leaf Mold of tomatoes, caused by *Cladosporium fulvum Cke.* Michigan Ac. Sci. Rept. 1918,

[4]) van der Meer, J. H. H., Maatregeln ter voorkoming eener ernstige aantasting der tomaten door de schimmel *Cladosporium fulvum Cke.* („meeldauw"). Tijdschrift over Plantenziekten **37**, 1931, 69—90.

[5]) Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 320.

welche ein Stoff als Spritzmittel haben muß. Close[1]) hat bereits 1877—1899 Versuche mit Formaldehyd gegen den amerikanischen Stachelbeermehltau durchgeführt. Die Wirkung befriedigte vielfach bei diesen Versuchen nicht, doch ergaben sich bei Lösungen von 200, 375 und 500 g Formaldehyd auf 100 l Wasser keinerlei Verbrennungen. Henning und Lindfors[2]) stellten fest, daß 1%ige Formaldehydlösungen als Winterspritzmittel angewendet am besten von allen Mitteln wirkt. In Deutschland wird für die Winterspritzung 0,8% Formaldehyd (2 l der 40%igen Lösung auf 100 l Wasser) und für die Sommerspritzung 0,4% Formaldehyd empfohlen. Vor dem Auspflanzen von Sträuchern wird kurzes Eintauchen in 0,4% Formaldehyd angeraten.[3])

Als Spritzmittel zur Bekämpfung tierischer Schädlinge ist Formaldehyd nicht zu verwenden.

Nach einem Patent von Molz[4]) soll Formaldehyd auf inerten Pulvern niedergeschlagen als Stäubemittel verwendet werden können. Nur muß nach dem genannten Patent dafür gesorgt werden, daß die rasche Verdunstung gehemmt wird. Das kann dadurch geschehen, daß man Formaldehyd mit Öl zusammen emulgiert und dann mit pulverförmigen Stoffen mischt. Nach dem Patent von Molz sollen sich derartige Pulver besonders zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten an Reben eignen. Nach weiteren Patenten von Molz[5]) können für die Bekämpfung pilzlicher Krankheiten, insbesondere der Kiefernschütte *(Lophodermium pini)* und des falschen *(Peronospora viticola)* und des echten Mehltaus *(Oidium Tuckeri)*, Polymere des Formaldehyds mit pulverförmigen Stoffen gemischt verwendet werden. Aufsaugungen von Formaldehyd in indifferenten Stoffen werden als Fäulnis verhinderndes Mittel bei Kartoffeln und anderen Früchten verwendet.[6])

Die Wirkung des Formaldehyds auf Pilzkeime führt Overton[7]) darauf zurück, daß er leicht ins Zellinnere eindringt und hier das Eiweiß durch Überführung in unlösliche Verbindung tötet. Auch Gegenbauer[8]) nimmt eine chemische Bindung mit den Eiweißkörpern der Zelle an. Nach Hailer[9]) ist die Bindung zwischen Formaldehyd und dem Plasma der Sporenzellen innerhalb

---

[1]) Close, Treatment for gooseberry mildew. New York Agr. Exp. Stat. Bull. **161**, 1899.

[2]) Henning, E., und Lindfors, Th., Krusbärsmjöldaggens bekämpande *(Sphaerotheca)*. Medd. Nr. 208 fran Centralanstalten f. försöksv. pa jordbruksomr. Avd. f. landbruksbot Nr. 20, Linköping 1920, 51 S.

[3]) Stachelbeermehltau. Flugbl. **35** d. Biol. Reichsanst. 12. Aufl. 1935.

[4]) D. R. P. 543247, Kl. 45 1, Gr. 3 vom 3. 2. 1932.

[5]) D. R. P. 541955, Kl. 45 1, Gr. 3 vom 16. 1. 1932; Patentschr. Nr. 581603, Kl. 45 1, Gr. 301 vom 31. 7. 1933.

[6]) Schlumberger, O., Die sachgemäße Lagerung der Kartoffeln. Flugbl. **15** d. Biol. Reichsanst. 7. Aufl. 1934.

[7]) Overton, Vierteljahresber. d. Naturforschenden Ges. Zürich **40**, 1895, 182, zit. nach Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin 1923, S. 308.

[8]) Gegenbauer, V., Studien über die Desinfektionswirkung wässriger Formaldehydlösungen. Arch. f. Hygiene **90**, 1922, 239—253.

[9]) Hailer, Versuche über die Beziehung zwischen Formaldehyd und der Bakterien- oder Sporenzelle. Biochem. Ztschr. **125**, 1921, 69—83.

einer gewissen Zeit reversibel. Nach Aufhören der Umkehrbarkeit tritt der Zelltod ein.

Über weitere Vergasungsmittel vgl. insbesondere den folgenden Abschnitt und S. 526 (Ester).

### 2. Organische Chlor- und Chlornitro-Verbindungen

Grundlegende Untersuchungen über die Giftigkeit verschiedener Chlorverbindungen gegen *Aphis rumicis* haben Tattersfield, Gimingham und Morris[1]) angestellt.

In der Benzolreihe war die Reihenfolge der Giftigkeit: Xylol < Monochlorbenzol < p-Dichlorbenzol < o-Dichlorbenzol < 1, 2, 4-Trichlorbenzol < Nitrobenzol. Beachtenswert ist, daß o-Dichlorbenzol giftiger wirkt als das isomere p-Derivat und Nitrobenzol noch giftiger als Trichlorbenzol. Die genaue Bestimmung der wirklichen Giftigkeit war in diesen Versuchen jedoch wegen der anästhesierenden Wirkung der Chlorderivate des Benzols schwierig.

Einführung von Chloratomen in Phenole und Nitroverbindungen gab keine deutliche Zunahme der Wirkung. Verhältnismäßig giftig auch gegen Eier von *Selenia tetralunaria* war $\alpha$-Chlornaphtalin, das vielleicht geringere anästhesierende Eigenschaften als die Benzolderivate besitzt. Bei verschiedenen geprüften Pflanzen wirkte es nicht blattschädigend. Eine Zusammenstellung über toxische Wirkung verschiedener Chlorverbindungen geben Tomb und Helmy.[2])

Die Praxis benutzt flüchtige chlorhaltige, organische Verbindungen in erster Linie gegen Vorrats- und Bodenschädlinge. Schwefelkohlenstoff gegenüber haben sie den Vorteil geringer oder keiner Explosions- und Feuergefährlichkeit. Die Wirkung chlorhaltiger organischer Stoffe auf Drahtwürmer erörtert Lehmann.[3])

Chlorierte Kohlenwasserstoffe dienen auch zur Holzkonservierung.

Als Beizmittel vorgeschlagene hochhalogenierte aromatische Kohlenwasserstoffe[4]) haben noch keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Tetrachlorkohlenstoff „Tetra", „Benzinoform", $CCl_4$, Mol.-Gew. 153,84, Sdp. 76°, spez. Gew. 20/4°: 1,5947, 0/4°: 1,6319, Litergewicht 6,39 g, vollkommen unbrennbar und sogar von feuerlöschender Wirkung, insektizid wesentlich weniger wirksam als $CS_2$. Man verwendet ihn in USA. im Vorratsschutz in Mischung mit Essigsäureäthylester, Sdp. 77°, spez. Gew. 0,906, im Verhältnis 3 : 2, wodurch seine insektizide und Tiefenwirkung erhöht und sein sonst beträchtlicher keimschädigender Einfluß vermindert wird. Alkalische wässerige Emulsionen aus $CCl_4$ und andere Chlorverbindungen schlug Malsac zur Unkrautbekämpfung vor.[5]) Über akute Vergiftung mit $CCl_4$ vgl. Flury und Zernik.[6])

Dichloräthan, Äthylendichlorid, $CH_2Cl \cdot CH_2Cl$, Mol.-Gew. 99,06, eine farblose chloroformartig riechende Flüssigkeit vom Sdp. 83,5°, spez. Gew. (20°) 1,2545 dient mit $CCl_4$

---

[1]) Tattersfield, F., Gimingham, C. T., and Morris, H. M., Studies on contact insecticides Part. 3. A quantitative examination of the insecticidal action of the chlor-, nitro- and hydroxyl derivatives of benzene and naphtalene. Ann. Appl. Biol. **12**, 1925, 218—262.

[2]) Tomb, J. W., u. Helmy, M. M., (Die Toxizität von Tetrachlormethan und seinen verwandten Halogenverbindungen.) J. Tropical Med. Hyg. **36**, 1933, 265; Chem. Ztrbl. 1934, I, 728.

[3]) Lehmann, R. S., Laboraroty experiments with various fumigants against the wireworm *Limonius (Pheletes) californicus Mann*. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1042—1051.

[4]) D. R. P. 529665, 1931; 538994, 1931; 547396, 1932.

[5]) Franz, P., Ref. Chem. Ztrbl. 1934, II, 1836.

[6]) Flury, F., u. Zernik, F., Schädliche Gase, S. 319, ferner Chem. Ztrbl. 1934, II, 279.

gemischt gegen Vorratsschädlinge[1]) und ist auch gegen Kleidermotten verwendbar. Es ist sehr schwer brennbar, billig, chemisch sehr stabil, greift Metall sowie Stoffe nicht an und soll für Menschen wenig schädlich sein.[2])

Nach Shepard und Lindgren[3]) soll es für *Tribolium confusum* sogar giftiger als $CS_2$ sein; für *Silophilus oryzae* gilt das umgekehrte.

Tetrachloräthan, Acetylentetrachlorid, $CHCl_2 \cdot CHCl_2$, Mol.-Gew. 167,86, Sdp. 147°, spez. Gew. bei 15°: 1,602, nicht brennbar, ist nach Parker[4]) als Begasungsmittel in Gewächshäusern, nach Thiem[5]) mit Sapikat emulgiert zur Bodenentseuchung brauchbar. Einatmen der Dämpfe und Benetzung der Haut mit Tetrachloräthan sind zu vermeiden.

Über Vergiftungsfälle vgl. Lejeune.[6]) Tetrachloräthan ist auch sehr empfindlich gegen Alkali und greift in feuchtem Zustand Metalle an. Charakteristisch für Tetrachloräthan ist die lebhafte Entwicklung von Azetylen beim Erhitzen mit Zinkstaub in alkoholischer Lösung.

Hexachloräthan $CCl_3 \cdot CCl_3$, Mol.-Gew. 236,77, farblose, intensiv riechende Kristalle vom Smp. 187°, sehr leicht sublimierend, ist unter der Bezeichnung Mottenhexe bekannt. Neuerdings sucht man es auch für den Pflanzenschutz nutzbar zu machen. Es wirkt als Kontaktgift z. B. gegen Forstschädlinge.[7])

Trichloräthylen, $CHCl : CCl_2$, aus Tetrachloräthan und Alkalien erhältliche Flüssigkeit vom Sdp. 88° und der Dichte 1,47 dient als Extraktions- und Lösungsmittel zur Bereitung mancher Pflanzenschutzmittel. Es ist imstande, *Sirophylus oryza* abzutöten, ohne die Keimfähigkeit des Getreides zu schädigen.[8]) Metalle greift Trichloräthylen sehr wenig an; Zusatz von Alkylaminen stabilisiert es in dieser Hinsicht noch weiter.[9])

Dichlorpropan, Propylendichlorid, $CH_3 \cdot CH_2Cl \cdot CH_2Cl$, Flüssigkeit vom Sdp. 97°, spez. Gew. 1,1656 dient, in nichtbrennbarer Mischung mit Tetrachlorkohlenstoff (9 : 1) als Begasungsmittel gegen den Maiszünsler. „*Dowfume*" ist in USA. ein Handelsname dieser Mischung.[10])

Äthylenchlorhydrin, $CH_2Cl \cdot CH_2OH$, wasserlösliche Flüssigkeit vom Sdp. 128° tötet Obstmaden in Konzentrationen von 30 ccm auf 100 cbfuß bei einstündiger Begasung.

Methyl-, Äthyl-, Isopropylester der Monochloressigsäure, $CH_2Cl \cdot COOR$ sind gegen Vorratsschädlinge wirksam, doch können die Ester die Keimfähigkeit des Korns schädigen.[11])

---

[1]) Roark, R. C., and Cotton, R. T., U. S. Dep. Agric. Techn. Bull. **162**, 1929, 52; Cotton, R. T., and Roark, R. C., Ethylene dichloride-carbon tetrachloride mixture; a new non-burnable, non-explosive fumigant. Journ. econ. Entom. **20**, 1927, 636—639.

[2]) Gersdorff, W. A., Bibliography of ethylene dichloride. U. S. Dept. Agric., Misc. Publ. 1932, Nr. 117.

[3]) Shepard, H. H., u. Lindgren, D. L., The relative efficiency of some fumigants against the rice weevil and the confused flour beetle. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 842—845.

[4]) Parker, Th., The use of tetrachlorethane for commercial glasshouse fumigation. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 251—257.

[5]) Thiem, H., Richtlinien zur Vernichtung der Puppen der Kirschfruchtfliege *(Rhagoletis cerasi L.)* durch Behandlung des Bodens. Nachrichtenbl. D. P. D. **15**, 1935, 8—9.

[6]) Lejeune, E., Schwierigkeiten der Diagnose beruflicher Vergiftungen für den praktischen Arzt. Tetrachloräthanvergiftungen. Chem. Ztrbl. 1934, II, 279.

[7]) Möbius, K., u. Wedekind, E., Systematische Untersuchungen über Kontaktgift zur Bekämpfung von Forstschädlingen III. Mitt. Forstwirtsch. Forstwiss. **4**, 1933, 88.

[8]) Young, H. D., Effect of various fumigants on the germination of seeds. Journ. agric. Res. **39**, 1929, 925—927.

[9]) Freundlich, A., (Die Beständigkeit von Trichloräthylen. Untersuchung seiner metallkorrodierenden Wirkungen.) Chem. Trade J. chem. Engr. **93**, 1933, 227—229; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3612.

[10]) Dibble, C.B., Fumigation with propylene dichloride mixture against *Pyrausta nubilalis Hubn.* Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 893—895; Shepard, H. H., and Lindgren, D. L., The relative efficiency of some fumigants against the rice weevil and the confused flour beetle. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 842—845.

[11]) Roark, R. C., u. Cotton, R. T., (Insektizide Wirkung einiger Halogenfettsäureester in der Dampfphase.) Ind. and Engin. Chemistry **20**, 1928, 512—514.

Als Insektizide werden auch die Ester der Säure mit mehrwertigen Alkoholen, z. B. Äthylenglykol und Glyzerin genannt.[1])

o-Dichlorbenzol, [Strukturformel: Benzolring mit zwei benachbarten Cl], farblose Flüssigkeit vom Sdp. 179⁰ ist nach Tattersfield, Gimingham und Morris unter Umständen noch wirksamer als das p-Isomere. Es ist Bestandteil einiger Insektizide.

p-Dichlorbenzol, [Strukturformel: Benzolring mit Cl in para-Stellung], schön kristallisierende, sehr leicht sublimierende Substanz vom Smp. 53⁰ und Sdp. 178⁰ benutzt man in Deutschland fast nur gegen Kleidermotten *(Globol)*, in USA. als „Paracide" oder kurz als „P.D.B.", auch gegen Pflanzenschädlinge. Sein Dampfdruck ist sehr von der Temperatur abhängig. Als Bodendesinfiziens kommt es z. B. bei den in Deutschland herrschenden Bodentemperaturen wegen zu geringer Flüchtigkeit nicht in Frage, obwohl es an sich durch seine Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse für diesen Zweck recht geeignet wäre. In Mischung mit $CS_2$ tötet es die Reblaus nur in den oberen Erdschichten, während der Schwefelkohlenstoff in der Tiefe wirkt.[2])

Chlorierte Chinone sind nach Hilpert[3]) die Hauptbestandteile chlorierter Sulfitablauge. Die praktische Verwendbarkeit dieses als Desinfektionsmittel empfohlenen Produktes ist jedoch noch fraglich.

α- und β-Chlornaphthalin, $C_{10}H_7Cl$, erstes flüssig, Sdp. 260⁰, letztes fest, Smp. 61⁰, Sdp. 264⁰, als Mischung durch Chlorieren von Naphthalin leicht erhältlich. Die Chlornaphthaline besitzen insektizide Eigenschaften.[4]) 0,75 %ige Suspensionen dienen 11 l je qm, gegen Ameisen in Parks und Spielplätzen.[5]) Die Wirkung der β-Verbindung auf Forstschädlinge untersuchten Möbius und Wedekind.[6])

1,4-Dichlornaphthalin, β-Dichlornaphthalin, Smp. 67—68⁰, wirkt nach Möbius und Wedekind ebenfalls als Kontaktinsektizid.

*p*-Toluolsulfochlorid $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2Cl$, Smp. 69⁰, $Sdp._{10}$: 134⁰, durch ein recht reaktives Chloratom ausgezeichnete Verbindung empfiehlt die Saccharinfabrik Fahlberg-List[7]) gegen Nematoden.

Chloramin T, Tochlorin, p-Toluolsulfochloramid $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2 \cdot NHCl$, bzw. das Na-salz, in trockenem Zustande bei etwa 175⁰ explodierend, besitzt ein Chloratom mit hypochloritartiger Wirkung.

Es dient zur Vernichtung von Fliegenbrut in Dunghaufen, scheint aber auch als Saatgutbeizmittel brauchbar zu sein. Die germizide Kraft solcher Cl-Verbindungen ist vom $p_H$ mehr abhängig als vom absoluten Cl-Wert.[8])

Chlorpikrin, Trichlornitromethan $CCl_3NO_2$, eine aus Pikrinsäure und Chlorkalk herstellbare farblose, leicht bewegliche, die Schleimhäute stark reizende, nicht explosive und nicht entflammbare Flüssigkeit vom Sdp. 112⁰ und vom spez. Gew. 1,66, wurde im Krieg als Kampfstoff verwendet und dient seitdem

[1]) Röhm, u. Haas, D. R. P. 495049.

[2]) Prinz, Y. I., Notes on vine pests. Entomol. Kabinett Tiflis 1928.

[3]) Hilpert, S., Neues über die Verwertung der Sulfitablauge. Chem. Ztrbl. 1926, I, 3107.

[4]) Stern, E., Chlornaphthaline. Journ. Soc. Chem. Ind. **53**, 1934, 1062; Chem. Ztrbl. 1925, II, 234; vgl. D. R. P. 411314.

[5]) Illinois Stat. Rpt., **139**, 1931.

[6]) Möbius, K., u. Wedekind, E., Systematische Untersuchungen über Kontaktgifte zur Bekämpfung von Forstschädlingen III. Mitt. Forstwirtsch. Forstwiss. **4**, 1933, 88.

[7]) Fahlberg-List, D. R. P. 594558; Chem. Ztrbl. 1934, I, 3789.

[8]) Johns, C. K., (Die Bestimmung der germiziden Kraft von Chlorverbindungen I. Hypochlorite.) Sci. Agric. **14**, 1934, 585; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3547; **15**, 1934, 218; Chem. Ztrbl. 1935, II, 1935.

gegen Vorratsschädlinge in gefüllten Speichern, gegen Hausungeziefer und zur Desinfektion von Baumwollsaat.[1] Die Durchdringungsgeschwindigkeit des Mittels ist gering. Es verdunstet langsam und seine Wirkung nimmt bei sinkender Temperatur beträchtlich ab. Grüne Pflanzen werden durch Chlorpikrin leicht beschädigt.[2] Kupfer, Eisen, Nickel, Blei, Messing, Stahl und manche Farbstoffe werden angegriffen, wahrscheinlich infolge einer Zersetzung nach folgender Gleichung:

$$2CCl_3 \cdot NO_2 = 2COCl_2 + Cl_2 + 2NO.$$

Unter den üblichen Bedingungen der Begasung scheint die Einwirkung auf Metalle und Farbstoffe aber gering zu sein.

Durch Kombination mit $CO_2$ nimmt die Toxizität für manche Insekten wesentlich zu.[3] Eine 533 Titel zählende Bibliographie über Chlorpikrin hat Roark[4]) zusammengestellt.

Chlorzyan s. S. 463.

Nitrobenzol, $C_6H_5 \cdot NO_2$, intensiv riechende gelbe Flüssigkeit vom Sdp. 211° ist in Mischung mit $CS_2$, um dessen Flüchtigkeit zu verringern, zur Bodendesinfektion versucht worden. Nach Tattersfield[5]) steigt die Toxizität für *Aphis rumicis* und die Eier von *Hadena oleracea* in der Benzolreihe mit der Einführung von Nitrogruppen bis zum m-Dinitrobenzol an, um dann wieder zu fallen.

o- und p-Chlornitro-benzol, Smp. 32,5 bzw. 83°, Chlordinitrobenzole und Dichlornitro-benzole, zum Teil mit MgO, $MgCO_3$, $CaCO_3$ oder Talkum gemischt, waren als Kontaktgifte mehr oder weniger wirksam gegen Forstschädlinge[6]). Gegen *Aphis rumicis* fand Tattersfield 1-Chlor-2,4-Dinitrobenzol giftiger als die anderen Chlornitro-benzole.

## 3. Phenole, Chlor- und Nitrophenole

Die Grundlagen für einen Vergleich der insektiziden Wirkung der Phenole und ihrer Derivate hat Tattersfield[7]) durch Untersuchungen an *Aphis rumicis* und Eiern von *Selenia tetralunaria* geschaffen. Hierbei erwiesen sich Phenol und die 3 Kresole als ungefähr gleich wirksam; Rohxylenol (Gemisch isomerer Dimethylphenole) war stärker ovizid als die genannten Phenole. Methylierung der pheno-

---

[1]) Fricklinger, H. W., Gase in der Schädlingsbekämpfung. Berlin 1933; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927.

[2]) Godfrey, G. H., Chlorpicrin injurious to greenhouse plants. Science **77**, 1933, 583.

[3]) Cotton, R. T., and Young, H. D., The use of carbon dioxide to increase the insecticidal efficacy of fumigants. Ent. Soc. Wash. Proc. **31**, 1929, 97—102.

[4]) Roark, R. C., A Bibliography of chloropicrin 1848—1932. U. S. Dept. Agr. Misc. Publ. No., **176**, 1934.

[5]) Tattersfield, F., The relationship between the chemical constitution of organic compounds and their toxicity to insects. Journ. Agr. Science **17**, 1927, 181—208.

[6]) Möbius, K., u. Wedekind, E., Systematische Untersuchungen über Kontaktgifte zur Bekämpfung von Forstschädlingen III. Mitt. Forstwirtsch. u. Forstwissensch. **4**, 1933, 88.

[7]) Tattersfield, F., The relationship between the chemical constitution of organic compounds and their toxicity to insects. Journ. Agric. Science **17**, 1927, 181—208.

lischen Hydroxylgruppe setzt die Wirksamkeit herab. Während aber die Einführung weiterer Hydroxylgruppen die insektizide Kraft des Phenols stetig vermindert:

Phenol > Brenzcatechin > Pyrogallol
(Oxybenzol) (o-Dioxybenzol) (o-Trioxybenzol),

bilden die entsprechenden Methyläther genau die umgekehrte Reihenfolge:

Anisol < Veratrol < Pyrogallotrimethyläther.

Einführung von 1 und 2 Nitrogruppen in Phenol, Anisol und Kresole steigert die Toxizität in jedem Falle, meist aber nur in geringem Maße. Eine dritte $NO_2$-Gruppe senkt die Wirkung wieder. Von allen untersuchten Verbindungen war 3,5-Dinitro-o-kresol bei weitem die wirksamste, z. B. schon dem isomeren 3,5-Dinitro-p-kresol weit überlegen.

Als Fungizide gegen Hopfenmehltau wirksam fanden Martin und Salmon[1]) Phenol in 1,5%, Brenzcatechin, Resorzin, Pyrogallol 1%, α- und β-Naphthol 0,15—0,2%, Thymol 0,2%. p-Nitrophenol und Pikrinsäure waren stark unwirksam.

Zur Beziehung zwischen Konstitution und antikryptogamer Wirkung der Phenole vgl. Pastac.[2])

Phenol, Karbolsäure, $C_6H_5OH$, farblose Nadeln von starkem Geruch, Smp. 43°, in unreinem Zustande flüssig, findet sich als insektizider und germizider Bestandteil in verschiedenen Pflanzenschutzmitteln, z. B. in Karbolineen und in Beizmitteln.

Kresole, Monomethylphenole (o-Kresol Smp. 30°, Sdp. 191°; m-Kresol Sdp. 203°; p-Kresol Smp. 36,5° Sdp. 202°), von intensivem, anhaftendem Geruch, werden aus Steinkohlen-, Braunkohlen-, Nadelholzteer oder Schieferöl gewonnen. Der entsprechenden Fraktion des Steinkohlenteers, dem Karbolöl (Sdp. 163—195°) entzieht man mit NaOH die rohe Karbolsäure, die durch Destillation in Phenole, Kresole und höhere Phenole fraktioniert wird. Man erhält so das Gemisch der 3 Kresole als Teerkresol, Rohkresol, Trikresol, Kresylsäure mit schwankendem Gehalt an den 3 Isomeren, als Flüssigkeit vom Sdp. 185—206°, der Dichte 1,044 und der Wasserlöslichkeit 2,55 Vol.%.[3]) Der Wert des Gemisches wird fast ausschließlich durch den Gehalt an m-Kresol bestimmt. Nach dem Deutschen Arzneibuch, 6. Aufl. sollen davon mindestens 50% vorhanden sein. Im Pflanzenschutz findet Rohkresol ausgedehnte Verwendung in Form der

*Kresolseifenlösungen.* Diese sind in 0,5 Vol.%igen Verdünnungen, die außerdem 2% Schmierseife enthalten, wirksam gegen Blatt- und Schildläuse; Kohlschaben bekämpft man mit 0,75 Vol.%-Verdünnungen ebenfalls mit Zusatz von 2% Schmierseife. Die Handelsmarken müssen der Vorschrift des DAB. 6 entsprechen, also 50% Rohkresol und 25% Fettsäure entsprechende Kaliseife enthalten.

---

[1]) Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray-fluids, XI. (Synthetic solvents.) Journ. Agric. Science **24**, 1934, 469—490.

[2]) Pastac, I., La constitution des phénols et leur action anticryptogamique. Chim. et Ind. **31**, 1934, 1027—1031, Sond.-Nr. 4; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1514.

[3]) Nördlinger, H., Zur Geschichte der Anwendung reinwässeriger Kresollösung für Desinfektionszwecke. Ztschr. angew. Chem. **7**, 1894, 166.

Kreosot, ein bei 200—220° siedendes, gelbliches, durchdringend rauchartig riechendes Gemisch von Phenolen und Phenoläthern des Buchenholzteers, enthält als wichtigste Bestandteile p-Kresol. $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot OH$, Guajakol $OH \cdot C_6H_4 \cdot OCH_3$, Kreosol $CH_3 \cdot C_6H_3(OH)OCH_3$ und Phlorol $C_2H_5 \cdot C_6H_4 \cdot OH$. Kreosot dient zur Holzkonservierung[1]) und, in Mineral- und Teerölemulsionen, zur Bekämpfung verschiedener Insekten.[2]) Eine Stammemulsion von Kreosotöl besteht z. B. aus 1,5 gal. $H_2O$, 3,6 pounds Zellpech und 3 gal. Kreosotöl; die Spritzbrühen enthalten auf 3% Teeröl etwa 1% Kreosotöl. Eine Mischung aus 0,5 oz. Rohkreosot und 1 lb. Kalkhydrat mit Weizen (0,25 oz. je 1 lb. Weizen) soll nach Flint und Frankenfeld[3]) jeden Schaden beim Lagern des Korns verhüten.

α-Naphthol, $C_{10}H_7 \cdot OH$, schwach phenolartig riechende Kristalle vom Smp. 94°, und vor allem auch

β-Naphthol, $C_{10}H_7 \cdot OH$, schwach riechende, sublimierbare Kristalle vom Smp. 122° benutzt man in USA. mit Schmieröl oder hochsiedendem Paraffinöl bis zu 1 : 1 gemischt zum Aufstreichen auf Wellpapierringe als Fangmittel für Obstmaden im Herbst.[4]) Zugleich vertreibt man die Motten aus dem Boden durch Streuen von Kalziumzyanid in um die Bäume gelegte Gräben. Die gegen Peronospera empfohlenen Kupfer- und Eisennaphtolate haben sich nicht eingebürgert.

Chloranisol, $Cl \cdot C_6H_4 \cdot OCH_3$, wirkt in Dampfform bei 60° in 30 Minuten gegen Läuse und ihre Eier.[5])

Tribrom-β-naphthol, $C_{10}H_4Br_3 \cdot OH$, Smp. 155°, aus Brom und β-Naphthol erhältlich, ist in 1%iger Lösung in $CCl_4$ gegen Fliegen wirksam.[6])

2,4-Dinitro-phenol, $C_6H_3(NO_2)_2 \cdot OH$, fast farblose Kristalle vom Smp. 133 bis 134°, durch Nitrieren von Phenol leicht erhältlich, ist viel giftiger als Pikrinsäure (Trinitrophenol). Sein Dampf greift die Schleimhäute heftig an.

Nach Möbius und Wedekind[7]) war Dinitrophenol als Kontaktgift auf Raupen des Kiefernspinners und der Forleule beträchtlich wirksamer als o-Nitrophenol und dieses wiederum dem p-Nitrophenol überlegen. Bei Streckung im Verhältnis 1 : 9 gelang die Abtötung in einer für die Praxis hinreichend kurzer Zeit.

4,6-Dinitro-o-Kresol (3,5-Dinitro-2-oxy-1-methyl-benzol), $CH_3 \cdot C_6H_2(NO_2)_2 \cdot OH$, gelbe Prismen vom Smp. 86°, durch Nitrieren von o-Kresol erhältlich, hat als Holzkonservierungsmittel und in neuerer Zeit als Stäubemittel gegen

---

1) Woronow, A., (Holzkonservierung mit einem Gemisch von Naphtha und Steinkohlenkreosotöl.) Journ. russ. Chem. Ind. **5**, 1928, 1227—1230.

2) Hartzell, F. Z., u. Parrott, P. J., Tar distillate emulsions for the control of the rosy aphid and other fruit insects. New York, Agr. Exp. Stat. Bull. **636** and **637**, 1933; Stanley, W. W., Marcovitch, S., and Anders, J. O., A preliminary report on the use of creosote oil (wood oil) to control San José scale and peach leaf curl. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 785—788.

3) Flint, W. P., and Frankenfeld, J. C., Preventing insect damage to stored seed grain. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 143—147.

4) Farrar, M. D., u. Flint, W. P., Chemically treated bands (codling moth). Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 364—373.

5) Ref. Chem. Ztrbl. 1934, II, 2582.

6) D. R. P. 555115, 1933; Chem. Ztrbl. 1934, I, 1379.

7) Möbius, K. u. Wedekind, E., Systematische Untersuchungen über Kontaktgifte zur Bekämpfung von Forstschädlingen. Mitt. Forstwirtsch. Forstwiss. **5**, 1934, 282—295.

Forstschädlinge[1]) Bedeutung erlangt. Fertigpräparate sind *Raco* mit Dinitrokresol, *Antigermin* mit Dinitro-o-kresol und Kupfersalz, *Antinonnin* mit Dinitro-o-kresolnatrium oder -kalium und Seife (siehe auch Mittel unter Fluor). Antinonnin dient auch zur Winterbehandlung der Obstbäume. Beim Arbeiten mit Dinitrokresolen und ihren Salzen sind Hände und Gesicht wegen starker lokaler Reizwirkung dieser Verbindungen auf die Haut zu schützen.

2,4-Dinitro-6-cyclohexylphenol, hellgelbe, in Wasser unlösliche, in Petroleum lösliche Kristalle vom Smp. 106°, besitzt unter den Dinitrophenolen besonders hohe Wirksamkeit als Magengift.[2]).

Als selektive Unkrautvertilgungsmittel werden aromatische Nitrooxyverbindungen in einem französischen Patent[3]) genannt.

## 4. Kohlenwasserstoffe, Mineral- und Teeröle

### α) Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe sind wichtige Insektizide mit zum Teil auch oviziden Eigenschaften. Sie bilden die Hauptbestandteile der Teer- und Mineralöle, die aber außerordentlich komplizierte Gemische von Kohlenwasserstoffen vorstellen. Zunächst folgen einzelne Kohlenwasserstoffe und ihre einfacheren Mischungen.

Tattersfield[4]) verglich die Toxizität verschiedener einfacher Kohlenwasserstoffe für *Aphis rumicis* und fand dabei folgende Reihenfolge:

$$\text{Benzol} < \text{Toluol} < \text{Xylol} < \text{Naphthalin} > \text{Tetralin} > \text{Dekalin}.$$

Als Fungizide gegen Hopfenmehltau prüften Martin und Salmon[5]) einige Kohlenwasserstoffe. Die wirksamen Konzentrationen waren: Cymol und Dipenten 0,5—1%, Dekalin 3—4%, Cyclohexan und Methylcyclohexan 7%.

Benzol, $C_6H_6$, farblose, mit Wasser nicht mischbare, mit stark rußender Flamme brennbare Flüssigkeit vom Sdp. 80 dient gegen Bodenschädlinge, besonders in Form wässeriger Emulsionen. Mit Benzoldämpfen versucht man neuerdings den Blauschimmel des Tabaks in Saatbeeten zu bekämpfen.[6])

Neutralöl und Schwerbenzol kommen zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers im Ausrottungsverfahren in Frage. Neutralöl ist die im freien Handel gebräuchliche Bezeichnung für helles Schwerbenzol und Schwerbenzol eine Fraktion des Steinkohlenteers, bzw. des daraus zunächst gewonnenen Leichtöls.

---

[1]) Marcus, B. A., Ergebnis einer Kiefernspannerbekämpfung mit dem neuen Berührungsgift „Detal" (E. Merk). Anz. f. Schädlingskunde. **13**, 1937, 17—18.

[2]) Boyce, A., and Prendergast, D. T., Dinitro-ortho-cyclohexylphenol offers promise in control of citrus red mite. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 218—219; Kagy, J. F., Toxicity of some nitro-phenols as stomach poisons for several species of insects. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 397—405; ders., and Richardson, C.H., American Assoc. of econ. Entomologists, Paper reading session. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 52—61.

[3]) Chem. Ztrbl. 1934, II, 831.

[4]) Tattersfield, F., The relationship between the chemical constitution of organic compounds and their toxicity to insects. Journ. agric. Sci. **17**, 1927, 181—208.

[5]) Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray-fluids, XI (Synthetic solvents). Journ. agr. Sci. **24**, 1934, 469—490.

[6]) Angell, H. R., Hill, A. V. und Allan, J. M., (Daunenmehltau des Tabaks. Bekämpfung mit Benzol- und Toluoldämpfen im bedekten Saatbeet). Comm. Austr. C. sci. nd. Res. **9**, 1936, 249—254; Ref. chem. Ztrlbl. 1936, I. 416.

Es enthält Xylole, Trimethylbenzole und andere teilweise noch unbekannte Verbindungen, siedet zu etwa 90% zwischen 160—220°, spez. Gew. etwa 0,885. Besonders gute Wirkung schreibt Fester[1]) Mischungen von Rohbenzol und Pyridinbasen zu. Rohbenzol wird bei der Fraktionierung des Leichtöls und Mittelöls gewonnen und kommt in seinen Siedepunktgrenzen dem Schwerbenzol nahe.

Höher siedende Öle besitzen unzureichendes Durchdringungsvermögen für den Boden und infolgedessen mangelhafte Tiefenwirkung.

Naphthalin, $C_{10}H_8$, Smp. 80°, Sdp. 218°, farblose Tafeln von charakeristischem Geruch. Sublimiert schon bei einer wenig über dem Schmelzpunkt liegenden Temperatur. Naphthalin-Pikrat $C_{10}H_8 + C_6H_3O_7N_3$, Smp. 151,5°, auch durch kochendes Wasser nur langsam zu zersetzen, ist für die Analyse wichtig.

Naphthalin benutzt man als billiges, für Menschen und Tiere unschädliches Mittel in Form feiner, in Deutschland 1—4 qmm, in England 1—1,5 qmm großer Blättchen, 50 g je Kubikmeter Raum gegen Gewächshausschädlinge.[2]) Bei feinkörnigerem Material erfolgt die Verdunstung zu schnell. Die Temperaturen während der 36 Stunden dauernden Vergasung müssen zwischen 22—34° C liegen und dürfen nicht fallen, da sich sonst Naphthalin auf die feucht zu haltenden Pflanzen absetzt und Schädigungen verursacht. Bei kalter Außentemperatur sind die Gewächshäuser zwecks Vermeidung des Niederschlagens von zu viel Naphthalin an den kalten Fenstern zu bedeckt halten. Tomaten und Gurken sind in reiferem Zustand mit Naphthalin nicht zu begasen, weil sie durch Zurückhalten von Naphthalin ungenießbar werden.[3]) Nach Hartzell und Wilcoxon[4]) ist bei empfindlichen Pflanzen eine konstante 0,13 g je Kubikmeter betragende Naphthalinkonzentration der Luft bei 30° C und 60° relativer Feuchtigkeit bei 8stündiger Einwirkung genügend wirksam. Eine besondere Lampe zum Verdampfen des Naphthalins beschrieb Parker.[5]) Auch im Freien soll Naphthalin nach Stear[6]) als Räuchermittel brauchbar sein. Bei Versuchen mit auf Wiesen ausgestreutem Naphthalin blieb das Gras im Gegensatz zu anderen Pflanzen unbeschädigt.

Als Bodendesinfiziens (vgl. S. 207) ist Naphthalin trotz gelegentlicher Empfehlungen ohne Bedeutung geblieben. Höhere Pflanzen sollen schon bei 0,05% Naphthalingehalt der Erde im Wachstum zurückbleiben. Krauß[7]) empfahl ein für Pflanzen unschädliches Naphthalin und Schwefelkohlenstoff enthaltendes Prä-

---

[1]) Fester, G., Schädlingsbekämpfung in Argentinien. Angew. Chem. **45**, 1932, 40—43.

[2]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugbl. **104—108** der Biol. Reichsanstalt.

[3]) Hartzell, A., Tolerance of different species and varieties of plants to naphthalene vapor. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 354—360.

[4]) Hartzell, A., and Wilcoxon, F., Naphthalene fumigation at controlled concentrations. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 608.

[5]) Parker, Th., On the control of red spider by means of naphthalene vaporised over a special lamp. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 81—89.

[6]) Stear, J. R., Investigation of naphthalene as a fumigant against the peach tree borer, *Aegeria exitiosa Say* and sod insects, a progress report. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 903—906.

[7]) Krauß, J., Ein neues Bodendesinfektionsmittel. Nachrichtenbl. f. d. Pflanzenschutzdienst **11**, 1931, 64—65.

parat *Hetrochin* zur Bodenbehandlung. Im Boden verschwindet Naphthalin nicht durch Verdunstung, sondern durch Aufnahme und Veränderung durch den Boden, ein Vorgang, der sich verhältnismäßig schnell in Erde mit viel organischer Substanz oder feuchten oder unsterilisierten Böden abspielt.[1])

Tetralin, Tetrahydronaphthalin, $C_{10}H_{12}$, ein Öl von durchdringendem, naphthalinähnlichen Geruch und dem Sdp. 205°, D = 0,97, wird in großem Maßstabe durch Hydrierung von Naphthalin bereitet. Es bildet einen wesentlichen Bestandteil verschiedener Mittel gegen Ungeziefer, Blatt- und Blutläuse sowie Vorratsschädlinge.

Dekalin, Dekahydronaphthalin, $C_{10}H_{18}$, angenehm riechende Flüssigkeit vom Sdp. 189°, D = 0,883, wird wie Tetralin durch Naphthalinhydrierung gewonnen. Lösungen von Pyrethrinen und Rotenon in Dekalin eignen sich zur Fliegen- und Mückenbekämpfung.

Dipenten, dl-Limonen, $C_{10}H_{16}$, zu den sog. Terpenen gehörende Flüssigkeit von angenehmem, zitronenartigem Geruch, Sdp. 175—180°, in zahlreichen ätherischen Ölen vorkommend, wird als Blutlausmittel benutzt. Andere Terpengemische dienen als Insektizide, z. B. gegen Blattläuse.

Pinen, $C_{10}H_{16}$, Sdp. 155° ist der Hauptbestandteil des Terpentinöls, das seinerseits die Hauptfraktion des Kienöls, eines Nadelholzteerdestillates vorstellt. Es gibt Kienöle von sehr geringer bis zu sehr hoher Viskosität. Die letzten enthalten meist Harze, die pflanzengefährlich werden können. Für Sommerspritzungen können demnach nur Produkte von geringer Viskosität und hoher Flüchtigkeit verwandt werden.[2]) Thompson und Worthley[3]) wandten gegen *Carpocapsa pomonella* wasserdampfdestilliertes pine oil an.

Anthracen, $C_{14}H_{10}$, Smp. 217°, farblose, violett fluoreszierende Blättchen, ist ein wichtiger Bestandteil der Kohlenteeröle. Anthrazen und Anthrazenrückstände mit 1—2% Benzin oder Kerosen ist der Firma Meyer-Mainz[4]) als Räuchermittel gegen Frost geschützt.

### β) Mineralöle

Geschichte der Anwendung von Mineralölen im Pflanzenschutz. Mineralöle, die nach Roark[5]) zur Zeit mengenmäßig an der Spitze aller in USA. verbrauchten Pflanzenschutzmittel stehen, sind als Schädlingsbekämpfungsmittel seit langem bekannt.

Leuchtöl (Petroleum, Kerosen) wurde bereits 1865 zur Bekämpfung von Schildläusen an Orangen empfohlen.[6]) Da in den ersten Jahren unverdünntes Leuchtöl nicht nur an ruhenden, sondern auch an belaubten Pflanzen angewandt und deshalb schwere Pflanzenschäden verursacht wurden, ergab sich sehr bald die Notwendigkeit, das Öl zu verdünnen. Dieses Ziel versuchte man durch Emulgierung in Wasser und durch mechanische Mischung mit Wasser zu erreichen. Seifige Petroleumemulsion ist nach Cruickshank[7]) schon seit 1870 bekannt. 1883 wurde die Riley-Hubbard-Formel zur Bereitung einer Petroleum-Seifen-Emulsion veröffentlicht[8]), der auch heute noch praktische Bedeutung zukommt. Die wasserlöslichen

---

[1]) Tattersfield, F., The decomposition of naphthalene in the soil and the effect upon its insecticidal action. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 57—80.

[2]) Headlee, T. J., To what extent may organic insecticides be used as substitutes for arsenicals. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 148—156.

[3]) Thompson, F. M., and Worthley, H. N., Field studies with pine oils as destroyers of overwintering codling moth larvae. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1112—1117.

[4]) Meyer-Mainz., D. R. P. 585095, 1933.

[5]) Roark, R. C., Use of economic poisons to safeguard crops. U. S. Daily, 20 July 1931, Washington DC. 1931.

[6]) Metcalf, L. C., Progress in spraying and dusting methods during the past seventy-five years. Transact. Ill. State Hort. Soc. for the year 1930, 287—307.

[7]) Zitiert nach: Hollrung, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. 1923, S. 292.

[8]) Riley, C. V., Reports of experiments, chiefly with kerosene, upon the insects injuriously affecting the orange tree and the cotton plant. U. S. Dept. Agr., Div. Ent. Bull. **1**, 1883, 62.

Öle (miscible oils, soluble oils) wurden 1904 eingeführt. Die mechanische Mischung von Petroleum und Wasser mittels einer aus zwei getrennten Behältern bestehenden Spritze wurde 1888 von Goff[1]) beschrieben.

In der Zeit von 1903 bis 1910 wurde von verschiedenen Autoren[2]) festgestellt, daß die höher siedenden Schmieröle (lubricating oils) insektizid wirksamer als Petroleum sind. Die weitere Ausarbeitung von Mineralölspritzmitteln kam damit zunächst zum Stillstand, denn für die Hauptanwendungsgebiete hatten sich andere Bekämpfungsverfahren eingebürgert. Gegen die San-José-Laus *(Aspidiotus perniciosus Comst.)* wurde hauptsächlich Schwefelkalkbrühe, gegen *Citrus*-Schildläuse *(Chrysomphalus aurantii Mask.* und *Saissetia oleae Bern.)* in steigendem Maße Blausäure angewandt. Erst neuere Versuche, welche die Überlegenheit von Schwerölemulsionen gegen die San-José-Laus im Vergleich zur Schwefelkalkbrühe ergaben und weiter die Erfahrung, daß in einigen Bezirken Kaliforniens die Schildlausbekämpfung mit Blausäure zu unbefriedigenden Ergebnissen führte, weil sich HCN-resistente Schildlausstämme gebildet hatten, gaben Anlaß zu weiterer Anwendung und Vervollkommnung der Mineralölspritzmittel. Der im Jahre 1926 von Gray und de Ong[3]) erbrachte Nachweis, daß die pflanzenschädigende Wirkung der Mineralöle weitgehend von ihrem Reinheitsgrade abhängt, hatte zur Folge, daß zur Sommerspritzung Emulsionen hochgereinigter Öle (Weißöle, white oils) in Gebrauch kamen.

Die Literatur über Mineralöle im Pflanzenschutz ist so umfangreich, daß nicht alle erschienenen Arbeiten hier auch nur genannt werden können. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Arbeiten bis 1929 enthält die Veröffentlichung von Swingle und Snapp.[4])

Chemische und physikalische Beschaffenheit der im Pflanzenschutz gebräuchlichen Mineralöle. Der Begriff Mineralöl umfaßt außer Erdöl auch z. B. Schieferöle und synthetische, etwa nach den Verfahren von Bergius und der I.G.-Farbenindustrie gewonnene Öle. In dem an natürlichen Erdölen armen Deutschland sind vielleicht die synthetischen Öle dazu berufen, die natürlichen zu ersetzen, falls es hier überhaupt zu einer wesentlich zunehmenden Verwendung der Mineralöle im Pflanzenschutz kommt. Augenblicklich deckt die deutsche Förderung an Erdöl den deutschen Gesamtbedarf nur zu etwa ein Zehntel.[5]) Zur Technologie (Vorkommen, Entstehung, Reinigung, Wertbestimmung) des Erdöls vgl. Ullmann.[6])

Die rohen Mineralöle stellen je nach den geologischen, chemischen und physikalischen Bedingungen, unter denen sie entstanden sind, komplizierte Gemische verschiedenartigster Kohlenwasserstoffe vor, unter denen folgende vier Klassen als wichtigste zu nennen sind: Paraffine (gesättigte Kohlenwasserstoffe mit

---

[1]) Zitiert nach Smith, R. H., The tank mixture method of using oil spray. Univ. Calif. Agr. Exp. Stat., Bull. **527**, 1932, 86.

[2]) Jarvis, C. D., Proprietary and home-made miscible oils for the control of the San-José scale. Conn. (Storrs) Agr. Exp. Stat. Bull. **54**, 1908, 169—197; Jones, P. R., Tests of sprays against the European fruit *lecanium* and the European pear scale. U. S. Dept. Agr., Bur. Ent. Bull. **80**, 1910, 147—160; Penny, C. L., Miscible oils: how to make them. Penn. State Col. Ann. Rpt. Off. Doc. **19**, 1908, 228—240.

[3]) Gray, G. P., and de Ong, E. R., California petroleum insecticides. Ind. and Engin. Chemistry **18**, 1925, 175—180; de Ong, E. R., Use of petroleum oils as insecticides. Oil and Gas Journ. **24**, 1926, 142.

[4]) Swingle, H. S., and Snapp, O. J., Petroleum oils and oil emulsions as insecticides, and their use against the San-José scale on peach trees in the South. U. S. Dept. Agr., Tech. Bull. **253**, 1931, 48.

[5]) Chemiker-Ztg. **58**, 1934, 828.

[6]) Ullmann, E., Enzyklopädie der technischen Chemie **4**, 1929, 495.

offenen Ketten), Naphthene (Zykloparaffine, ringförmige gesättigte Kohlenwasserstoffe), Olefine (offene Ketten mit Doppelbindungen), aromatische Kohlenwasserstoffe (Ringgebilde mit besonderen Bindungs- und Sättigungsverhältnissen). Die ersten beiden Gruppen bilden die Hauptbestandteile der Erdölkohlenwasserstoffe. Die beiden letzten Gruppen, zusammen oft nicht ganz richtig „ungesättigt" (unsaturated) genannt, spielen für die insektizide Wirkung eine gewisse, für pflanzenschädigende Wirkung eine entscheidende Rolle. Von Verunreinigungen, die in gleicher Hinsicht Bedeutung haben, seien noch die organischen Schwefelverbindungen genannt. Während pennsylvanische Erdölsorten verhältnismäßig viel Kohlenwasserstoffe der Paraffinreihe enthalten, finden sich in russischen Erdölen mehr Naphthene. Dazwischen stehen rumänische, mexikanische und kalifornische Sorten mit teilweise bemerkenswertem Gehalt an aromatischen Verbindungen. Stickstoffreich (bis 2,4%) sollen kalifornische und japanische Öle sein, stickstoffarm pennsylvanische, russische und rumänische; schwefelreich (bis 4,7%) sind besonders die spezifisch schweren Erdöle. An Sauerstoffverbindungen sind die Naphthensäuren, die als Emulgatoren dienen können, und die Asphaltstoffe zu nennen. Nach dem Asphaltgehalt teilt man Rohpetroleum ein in sog. „paraffin-base" Petroleum mit wenig oder keinem Asphalt, in „asphalt-base" Petroleum mit viel Asphalt und fast keinem festen Paraffin und endlich die Zwischensorten „mixed-base, paraffin-asphalt oder semi-asphalt". Eine Klassifikation der deutschen Erdöle auf Grund des spez. Gew., des Gehaltes an Olefinen, Paraffinen, Naphthenen, Asphalt und Bestandteilen, die unter 150° sieden, gab Keppeler.[1])

Rohes Erdöl *(crude oil, crude)* kommt für Pflanzenschutzzwecke nicht in Betracht. Die weitere Verarbeitung des Rohöls erfolgt durch Destillation und anschließende Raffination. Die wichtigsten Produkte der Erdöldestillation sind:

| Name (in Klammern englische bzw. amerikanische Bezeichnung) | Siedepunkt °C | Spez. Gewicht |
|---|---|---|
| Benzin (petroleum spirit, motor sprit, petrol, gasoline, naphta) | bis 200 | 0,650—0,750 |
| Leuchtöl, Petroleum, Kerosin (kerosene, paraffin, burning oil) | 150—300 | 0,800—0,825 |
| Gasöl, Treiböl, Solaröl (solar oil, gas oil) | 250—340 | 0,865 |
| Schmieröl (lubricating oil, lubricants) | 340—500 | 0,900—0,950 |
| Heizöl (fuel oil, residue) | über 300 | 0,900—0,960 |

Bei der Raffination ist zwischen chemischen und physikalischen Methoden zu unterscheiden. Chemische Mittel sind in erster Linie konzentrierte Schwefelsäure und Natronlauge, für schwefelhaltige Öle auch Natriumplumbit- („Doktorlösung") und Kalziumhypochloritlösung. Die Schwefelsäure wirkt bei tieferen Temperaturen nur physikalisch reinigend, d. h. als Lösungsmittel; erst bei erhöhten Temperaturen sulfurierend, oxydierend, polymerisierend und verharzend, wobei aber der größte Teil nur als Lösungsmittel für die Reaktionsprodukte dient. Nebenprodukt der Schwefelsäureraffination ist der sog. Säureteer, der auf Emulgatoren verarbeitet werden kann (vgl. Kapitel Netzmittel, S. 536); Raffinationslaugen können Naphthensäuren liefern (vgl. Kapitel Netzmittel, S. 535).

---

[1]) Keppeler, G., Physikalische und chemische Eigenschaften norddeutscher Erdöle. Petroleum **29**, 1933, 6—7.

Zu der neuerdings an Umfang gewinnenden physikalischen Raffination dienen Filtrations- bzw. Adsorptionsmethoden mit Fullererde, Floridin und anderen Bleicherden, Silikagel, aktiver Kohle sowie die Behandlung mit flüssigem $SO_2$ (Edeleanu-Verfahren.[1]) $SO_2$ löst unter geeigneten Bedingungen nur ungesättigte und aromatische Kohlenwasserstoffe.

Die nach der ersten oder zweiten Reinigung mittels Schwefelsäure oder flüssigem $SO_2$ zurückbleibenden „ungesättigten" Verbindungen sind nur durch bedeutend umständlichere Reinigungsprozesse zu entfernen, und sie sind auch nicht derartig pflanzenschädigend wie gerade die bei der ersten Reinigung weggeschafften Stoffe.

Eine besondere Charakterisierung der Öle erreicht man in USA. durch Festlegung ihrer Viskosität (gemessen mit dem Saybolt-Viskosimeter), ihres Reinheits- oder Raffinationsgrades (sulfonation test), ihres Oxydationsgrades und ihres Verdunstungsgrades bei 100°. Spez. Gewicht, Entflammungspunkt, Farbe, die für andere Verwendungszwecke der Öle eine große Rolle spielen, sind für Pflanzenschutzöle weniger wesentliche Merkmale.

Als Einzelmethode läßt die „Sulfonierung" (sulfonation fest) bedenkliche Eigenschaften der Öle am besten erkennen. Die Wirkung der Schwefelsäure ist bei dieser Prüfung eine vielfache: Schwefelverbindungen, Harze und Säuren werden gelöst oder niedergeschlagen, N-Basen und einige ungesättigte Kohlenwasserstoffe gebunden, die meisten ungesättigten Kohlenwasserstoffe polymerisiert, aromatische Verbindungen sulfoniert, einige Kohlenwasserstoffe auch oxydiert.

Emulgatoren und ihr Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften der Emulsionen. Von der mechanischen Emulgierung (mechanical mixture) lediglich durch Spritzmaschinen ohne Zusatz eines Emulgators ist man wegen der zweifelhaften Wirkung auf Insekten und Pflanzen abgekommen. Man benutzt heute fast ausschließlich mit Hilfe von Emulgierungsmitteln hergestellte wässerige Emulsionen. Vielfach gebraucht man Seifen als Emulgatoren (Schmierseife, Kresolseife, insbesondere auch ölsaure Salze), ferner Leim, Kasein, Kalzium-, Ammonium- und Natriumkaseinat, Blutalbumin, Gelatine, Milch, Saponine, neutrale Salze, die bei der Reinigung der Rohöle erhaltenen wasserlöslichen Sulfosäuren und ihre Oxydationsprodukte (Penetrol), feste Stoffe wie Bentonit, Kaolin, Fullererde, Quillajarinde. Um die bakterielle Zersetzung organischer Emulgatoren wie Kasein oder Blutalbumin zu vermeiden, empfiehlt de Ong[2]) Zugabe von wenig Fichtennadelteeröl.

Kresolseifenlösung halten Melander, Spuler und Green[3]) für den besten Emulgator, Leim sowie Kaseinate für die geeignetsten Nichtseifenemulgatoren, die ebenso wie sulfosaure Salze besonders bei Verwendung von Seife niederschlagendem, hartem Wasser angebracht sind. Newcomer und Carter[4]) treten für Ammoniumkaseinat als besten Nichtseifenemulgator ein.

Durch die Art und Menge des Emulgators kann die Tröpfchengröße der dispersen Phase und damit die Güte und Beständigkeit der Emulsion sowie die

[1]) Edeleanu, L., Refining petroleum by liquified sulfur dioxide. Amer. Inst. Min. Eng., Bull. **93**, 1914, 2313.

[2]) de Ong, E. R., Present trend of oil sprays. Journ. econ. Entom. **24**, 1931. 978—985.

[3]) Melander, A. L., Spuler, A., and Green, E. L., Oil sprays; their preparation and use for insect control. Wash. Agr. Expt. Stat., Bull. **184**, 1924, 31.

[4]) Newcomer, E. J., and Carter, R. H., Casein ammonia, a practical emulsifying agent for the preparation of oil emulsions by orchardists. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 880—887.

Geschwindigkeit der Ölabscheidung nach dem Spritzen und die Größe der ausgeschiedenen Ölttröpfchen in weiten Grenzen beeinflußt werden. Bezüglich der Beständigkeit sind zwei Typen von Ölemulsionen zu unterscheiden: die haltbaren (stable) und die leicht entmischbaren (quick braeking) Emulsionen. In den haltbaren Emulsionen kommt das Öl im wesentlichen erst nach der Verdunstung des Wassers als Insektizid zur Wirkung. Bei den leicht entmischbaren Emulsionen, die als Sommerspritzmittel dienen, soll das Wasser unmittelbar nach dem Spritzen von den Blättern ablaufen und nur das Öl als eine Blätter und Insekten gleichmäßig überziehende Schicht zurücklassen. Über den Einfluß der Emulgatoren auf die Ölabscheidung aus Emulsionen liegen unter anderen Untersuchungen von Smith[1]) vor. Er führt die Begriffe „anfängliche Abscheidung" (initial deposit) und „sekundäre Abscheidung" (secondary deposit) ein. Die erste findet in dem Augenblick des Auftreffens auf die Blätter statt, die zweite ist im wesentlichen ein Ergebnis der Verdunstung des Wassers. Aufgabe der Emulgatoren ist es nicht nur, lager- und transportfähige Emulsionen zu schaffen sowie gleichmäßige Verspritzbarkeit und gute Benetzungskraft zu garantieren, sondern auch die Menge der Ölabscheidung auf den Blättern zu regulieren. Untersuchungen über die Menge des auf den Blättern verbleibenden Öls in Abhängigkeit von Menge und Art des Emulgators, Art der Spritzung und Schwere des Öls sowie über Methoden einer genauen Bestimmung des nach der Spritzung auf den Blättern vorhandenen Öls führten Allison, Dawsey und Mitarbeiter und English[2]) durch.

Man unterscheidet in USA. lösliche Öle (miscible, soluble oils), das sind wasserarme und deshalb wenig frostempfindliche, klare Lösungen eines meist seifenartigen Emulgators im Öl, und Stammemulsionen (stock-emulsions), das sind hochkonzentrierte Emulsionen, bei denen jedoch das Wasser im Öl verteilt ist. Unter den Handelsmarken löslicher Öle unterscheidet Britton[3]) vier Gruppen: 1. Lubricating oils mit sulfonierten Pflanzenölen und Alkali, 2. Sulfonierte Mineralöle mit Alkali, 3. *Lubricating oils* mit Seife in Alkohol gelöst, 4. Lubricating oils in Phenol- oder Kresolseife in Lösung gebracht. Lösliche Öle enthalten außer dem Emulgator und wenig Wasser noch gewisse Lösungsvermittler, die auch beim späteren Verdünnen des Öls die Beständigkeit der Emulsionen erhöhen. Als solche Hilfsstoffe eignen sich nach Woodman[4]) in erster Linie Phenole und hydrierte Phenole, dann auch Fuselöl und Harzöl. Lösliche

[1]) Smith, R. H., Studies on the oil depositing qualities of oil spray mixtures. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 985—991.

[2]) Allison, Quantity of oil retained by *Citrus foliage* after spraying. Calif. Citrograph **16**, 1931, 481; Dawsey, L. H., Determination of the less refined mineral oils on leaf surfaces after spraying. Journ. Agr. Res. **52**, 1936, 681—690; Cressman, A. W., and Hiley, J., The relative quantities of oil deposited upon paraffin-coates plates and plant foliage by oil sprays. Journ. Agr. Res. **54**, 1937, 387—398; Haas, A. J., A method for determination the quantity of mineral oil retained by leaf surfaces afters spraying. Journ. Agr. Res. **46**, 1933, 41—49; English, L. L., A method for determining the quantitity of oil retained by *Ccitrus foliage* after spraying. Journ. Agr. Res. **41**, 1930, 131—133.

[3]) Britton, W. E., Oil sprays and oil injury. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 418—421.

[4]) Woodman, R. M., Benetzungs-, Spreitungs- und Emulgierungsmittel zum Gebrauch bei Zerstäubungsflüssigkeiten. Journ. Soc. chem. Ind., Chem. and Ind. **52**, 1933, Trans. 5—6; Ref. Chem. Ztrbl. 1933, II, 3909.

Öle sollen beim Verdünnen nicht in Wasser gegossen werden, sondern dieses soll nach und nach unter Rühren zum Öl gegeben werden.

Die Stammemulsionen sind besser mit Wasser zu verdünnen als die löslichen Öle. Wegen des höheren Wassergehaltes (bis 50%) sind sie jedoch frostempfindlich. Auch müssen sie vor Gebrauch wegen ihrer Neigung zur Entmischung stark geschüttelt werden und geben nicht so feine Öltröpfchen in den Emulsionen.

Praktische Herstellung der Emulsionen. Eine Anzahl bewährter Rezepte zur Bereitung seifenhaltiger und seifenfreier Ölemulsionen teilen z. B. Quaintance, Newcomer und Porter[1]) und Newcomer und Carter mit. Bezüglich der Herstellungsart werden hot-pumped oder boiled emulsions, cold-stirred und cold-pumped emulsions, ferner miscible oils unterschieden. Bei den ersten wird Seife (meist Fischölseife), Öl und Wasser gekocht und mit einer Pumpe durcheinandergearbeitet. Für die kalt gerührten Emulsionen, die etwas schwieriger zu bereiten sind, nimmt man ebenfalls Seifen, und zwar solche, deren Konsistenz das Erhitzen entbehrlich macht. Als Lösungsvermittler dienen Kresole, Zyklohexanol und Alkohole. Die kalt gepumpten Emulsionen werden meistens mit Nichtseifenemulgatoren, in erster Linie Kalziumkaseinat, hin und wieder auch mit Kupferkalkbrühe, Bentonit u. a. bereitet. Trotz Abwesenheit von Seife können solche kaltbereiteten Emulsionen gegen hartes Wasser empfindlich sein. Als Ursache dafür wurden nicht Kalzium- und Natriumionen, sondern Magnesiomionen erkannt (Eyer und Robinson).[2]) Selbstbereitete Kaseinatemulsionen haben 12—19 μ große Öltröpfchen, während Handelsmarken feinere Emulsionen mit nur etwa 2—4 μ großen Tröpfchen bilden (Newcomer und Carter).

Wirkung der Mineralöle auf Insekten. Die insektizide und ovizide Wirkung von Mineralölemulsionen ist nach den geltenden Anschauungen hauptsächlich physikalischer Natur. Insekten und ihre Eigelege werden ebenso wie die behandelten Pflanzen mit einem mehr oder weniger schwer flüchtigen Ölfilm überzogen, der den Gasaustausch weitgehend unterbindet. Der Tod der Insekten wird demnach von den meisten Autoren (z. B. Moore, Moore und Graham, de Ong, Knight und Chamberlin, English)[3]) auf Erstickung zurückgeführt. Allerdings erfolgt die Abtötung oft langsamer als nach Eintauchen in Wasser oder in sauerstofffreie Atmosphäre (Shafer[4]), de Ong und Mitarbeiter). Nach Ebeling[5]) lebten Schildläuse *(Aonidiella aurantii)* in sauerstofffreier Atmosphäre etwa 26 Stunden, in Öl getaucht etwa 72 Stunden. Außer der unmittelbaren Abtötung der Insekten und ihrer Eier verhindert der Ölbelag gespritzter Pflanzen mitunter den Neubefall für längere Zeit (Ebeling, Hartzell

[1]) Quaintance, A. L., Newcomer, E. J., and Porter, B. A., Lubricating oil sprays for use on dormant fruit trees. U. S. Dept. Agr., Farm. Bull. **1676**, 1931, 18.

[2]) Eyer, J. R., and Robinson, F. M., The effect of certain hard waters on the stability of cold mix lubricating oil emulsions. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 702—707.

[3]) Moore, W., Observations on the mode of action of contact insecticides. Journ. econ. Entom. **11**, 1918, 443—446; Moore, W., and Graham, S. A., Physical properties governing the efficiency of contact insecticides. Journ. Agr. Res. **13**, 1918, 523—538; de Ong, E. R., Knight, H., and Chamberlin, J., A preliminary study of petroleum oil as an insecticide for citrus trees. Hilgardia **2**, 1927, 351—384; English, L. L., Some properties of oil emulsions influencing insecticidal efficiency. Ill. Nat. Hist. Survey, Bull. **17**, 1928, 231—259.

[4]) Shafer, G. D., How contact insecticides kill. Mich. Agr. Expt. Stat., Tech. Bull. **11**, 1911, 65.

[5]) Ebeling, W., Effect of oil spray on California red scale at various stages of development. Hilgardia **10**, 1936, 95—125.

und Gambrell, Roß).[1]) Woglum und la Follette[2]) sehen darin einen der wichtigsten Punkte der Schildlausbekämpfung mit Mineralölen.

Die insektizide Wirksamkeit der Mineralöle wird, entsprechend ihrer überwiegend physikalischen Wirksamkeit, am besten durch physikalische Daten charakterisiert. In erster Linie hängt sie von der Viskosität ab (de Ong, Knight und Chamberlin, English, Spuler, Overley und Green)[3]), und zwar in dem Sinne, daß innerhalb bestimmter Grenzen mit steigender Viskosität die insektizide Wirksamkeit zunimmt. Im umgekehrten Verhältnis zur Viskosität steht die Flüchtigkeit (volatility) der Öle. Nach de Ong, Knight und Chamberlin werden leicht flüchtige Öle aus den Tracheen von Schildläusen wieder ausgestoßen, ohne die Tiere zu schädigen. Petroleum (Kerosen) ist nach de Ong[4]) zu flüchtig, um bei der Bekämpfung von Spinnmilben auch noch gegen die nach der Spritzung aus den Eiern schlüpfenden Milben wirksam zu sein.

Die Bedeutung des Reinheitsgrades der Öle für ihre insektizide Wirksamkeit wird nicht einheitlich beurteilt. De Ong[4]) zeigte, daß die ungesättigten Verbindungen gegen empfindliche Insekten (Käfer) besonders wirksam sind. Nach English ist der Reinheitsgrad von geringem Einfluß auf die Wirksamkeit der Öle gegen Aphiden. Spuler, Overley und Green konnten bei Ölen gleicher Viskosität mit (um 48% sulfonation test) verschiedenem Reinheitsgrad keine Unterschiede in der Wirkung auf die Eier der Obstmade feststellen. Swingle und Snapp beobachteten bei Ölen von 0 bis 68% unsulfonierbaren Bestandteilen die gleiche Wirkung gegen die San José-Laus. Auch Cressman und Dawsey[5]) stellten fest, daß die Wirksamkeit verschiedener Mineralöle gegen *Pseudoaonidia duplex Ckll.* weniger vom Reinheitsgrad der Öle als von der Menge des nach dem Spritzen auf der Pflanze verbleibenden Ölbelages abhing. Der verbleibende Ölbelag war um so größer, je höher der Ölgehalt und je geringer die Menge an Emulgator in der verwendeten Emulsion war.

De Ong, Knight und Chamberlin wiesen nach, daß leicht entmischbare Ölemulsionen (quick braeking emulsions) gegen *Aonidiella aurantii* wirksamer sind als beständige Emulsionen. Eine 2%ige quick braeking-Emulsion eines Schmieröles wirkte vollständig abtötend; das gleiche Öl war in 4 bis 8%igen beständigen Emulsionen nicht ausreichend wirksam. Sie ziehen deshalb Kaseinkalk und Kaseinnatrium als Emulgatoren der Seife vor, weil diese zu beständige Emulsionen gibt. Mit der de Ongschen Ansicht stimmen die Ergebnisse von

---

[1]) Hartzell, F. Z., and Gambrell, F. L., Lubricating oil emulsions for the control of pear psylla. N. Y. State Agr. Expt. Stat., Circ. **98**, 1928; dies., Dormant oil spray and the pear spray schedule. N. Y. State Agr. Expt. Stat. Circ. **102**, 1928, 4; Roß, W. A., Residual insecticidal action of lubricating oil sprays on the pear psylla. Sci. Agr. **7**, 1927, 395.

[2]) Woglum, R. S., and La Follette, J. R., The double treatment for scale pests in California citrus orchards. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 978—980.

[3]) Spuler, A., Overley, F. L., and Green, E. L., Oil sprays for summer use. Wash. Agr. Expt. Stat., Bull. **252**, 1931, 39.

[4]) de Ong, E. R., Present trend of oil sprays. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 978—985.

[5]) Cressman, A. W., and Dawsey, L. H., Oil Retention, oil-emulsifier ratio, and oil-water ratio as affecting the insecticidal efficiency of emulsions. Journ. Agr. Res. **49**, 1934, 1—19; dies., The comparative insecticidal efficiency against the camphor scale of spray oils with different unsulphonatable residues. Journ. Agr. Res. **52**, 1936, 865—878.

Griffin, Richardson und Burdette[1]) insofern überein, als sie zeigten, daß bei gleichem Ölgehalt die Wirksamkeit der Emulsionen gegen Aphiden mit steigender Tröpfchengröße zunimmt. Diese Autoren nehmen an, daß die höhere Wirksamkeit leicht entmischbarer Emulsionen dadurch zu erklären ist, daß bei gleichmäßig negativer elektrischer Ladung der Pflanzenoberfläche und der Öltröpfchen größere Tröpfchen mit relativ kleiner Gesamtoberfläche weniger abgestoßen werden als die kleineren Tröpfchen beständiger Emulsionen. Nach Swingle und Snapp waren 2%ige quick braeking Emulsionen gegen die San José-Laus nur wenig wirksamer als beständige Emulsionen von gleichem Ölgehalt. Auch Newcomer und Yothers[2]) stellten fast gleiche Wirksamkeit wenig beständiger Kaseinat-Ölemulsionen und beständiger Seifen-Ölemulsionen gegen die San José-Laus fest.

Der Einfluß der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Mineralöle und Mineralölemulsionen auf ihre insektizide und phytotoxische Wirksamkeit wird genauer von Martin[3]) behandelt, der zum Zweck der Standardisierung der zur Schädlingsbekämpfung geeigneten Öle die Versuchsergebnisse untereinander kritisch vergleicht.

Wirkung der Mineralöle auf die Pflanzen. — Winter- und Sommerspritzung. Die Verwendung von Mineralölemulsionen zur Winterspritzung ist für die Pflanzen im allgemeinen ungefährlich. Wenn aber unmittelbar nach dem Spritzen Frost eintritt, können die behandelten Pflanzen geschädigt werden (Evans, Wakeland, Yothers).[4]) Aus diesem Grunde empfehlen Swingle und Snapp, Mineralöle im Winter nicht bei Temperaturen unter 5° C anzuwenden. Wegen der größeren Widerstandsfähigkeit der Bäume während der Winterruhe können verhältnismäßig hoch viskose Öle von mittlerem Reinheitsgrade als Winterspritzmittel angewendet werden. Nach Robinson, Fisher und Spuler[5]) sollen Öle zur Winterspritzung eine Viskosität von 100—120 Sekunden. Saybolt bei 100° F und einen Reinheitsgrad von 50—85% unsulfonierbarer Bestandteile besitzen. Unter Berücksichtigung von Viskosität, Siedepunkt und Reinheitsgrad stellt Martin Normen für Mineralöle zur Winterspritzung, zur Anwendung für die Zeit zwischen Knospenaufbruch und Blüte und ferner zur Behandlung belaubter Pflanzen auf.

Gray und de Ong (1925) und de Ong (1926) wiesen nach, daß Mineralöle für belaubte Pflanzen um so schädlicher sind, je höher ihr Gehalt an ungesättigten

---

[1]) Griffin, E. L., Richardson, C. H., and Burdette, R. C., Relation of the size of oil drops to toxicity of petroleum oil emulsions to aphids. Journ. Agr. Res. **34**, 1927, 727—738.

[2]) Newcomer, E. J., and Yothers, M. A., Experiments for the control of the San-José scale with lubricating oil emulsions in the Pacific Northwest. U. S. Dept. Agr., Circ. **172**, 1931, 12.

[3]) Martin, H., The standardisation of petroleum and tar oils and preparations as insecticides. Ann. Appl. Biol. **22**, 1935, 334—414.

[4]) Evans, H., Oil sprays: their use and effectiveness in control of fruit tree leaf-roller, oyster-shell scale, and blister mite. Brit. Columbia Dept. Agr., Hort. Branch. Circ. (new hort. ser.) **68**, 1927, 11; Wakeland, C., The fruit tree leaf-roller. Its control in Southern Idaho by the use of oil emulsion sprays. Idaho Agr. Expt. Stat., Bull. **137**, 1925, 11; Yothers, W. W., The effects of oil insecticides on citrus trees and fruits. Journ. econ. Entom. **6**, 1913, 161—164.

[5]) Robinson, R. H., Fisher, D. F., and Spuler, A., The western co-operative oil spray project. Science (n. s.) **71**, 1930, 440—441.

Verbindungen ist. Green[1]) zeigte, daß die pflanzenschädigenden Eigenschaften der Öle im allgemeinen mit dem Anwachsen des sulfonierbaren Anteils, des Säure- und Schwefelgehaltes, der Emulgierbarkeit, der Bromadsorption der Öle zunehmen. Ölschäden sind außerdem weitgehend durch den physiologischen Zustand der behandelten Pflanzen (Browne, Hartzell, Kelley, Spuler und Mitarbeiter, Woodhams)[2]) und durch Witterungseinflüsse (Young[3]) bedingt. Als obere Grenze für eine gefahrlose Anwendung von Mineralölen gibt Browne die Temperatur von 32° C an. Nach Kelley sollen Mineralöle bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit nicht gebraucht werden. De Ong[4]) empfiehlt für hohe Temperaturen schwer oxydierbare Öle mit einer Viskosität von 40—50 Sekunden Saybolt bei 100° F und einem Reinheitsgrad von 90% unsulfonierbaren Bestandteilen, für niedrige Sommertemperaturen Öle mit 80 Sekunden Saybolt und gegen 99% unsulfonierbaren Bestandteilen.

De Ong, Knight und Chamberlin stellen zwei deutlich unterscheidbare Formen von Ölschäden an Zitrusbäumen fest: eine akute Form (bedingt durch niedrig siedende Öle) und eine chronische (bedingt durch hochsiedende Öle). Die akute Schädigung läßt zwei Phasen erkennen: Im Lauf von 48 Stunden nach der Spritzung stirbt das Blattgewebe ab; nach 3—4 Tagen tritt Blattfall ein, ohne daß die geschädigten Blätter ihre Farbe wesentlich geändert haben. Schäden an Früchten und Holz treten nur auf, wenn wenig gereinigte Öle benutzt wurden. Bei der chronischen Schädigung durch hochsiedende Öle, die einen Tage und Wochen haltbaren Film auf Zweigen und Blättern bilden, werden die Blätter gelb, und einige Tage nach der Behandlung tritt Blattfall ein, der wochenlang andauern kann. Selbst stärkere Äste können bei der chronischen Schädigung verkümmern und absterben. Im einzelnen sind die Blattschäden durch Mineralöle auf physikalische und chemische Vorgänge zurückzuführen. Die Öle verstopfen die Spaltöffnungen und dringen bei entsprechender Viskosität in die Interzellularräume und Gefäße ein. Giftige Bestandteile der Öle, besonders die „ungesättigten“ Verbindungen, schädigen die Zellen. Das Eindringen der Öle in das pflanzliche Gewebe und dadurch bedingte physiologische Veränderungen (Chlorophyll- und Stärkeanreicherung in den Blättern, Stimulation) sind eingehend untersucht worden (vgl. Rohrbaugh, Young und Morris, Young[5]); in diesen Arbeiten weitere Literaturangaben).

---

[1]) Green, J. R., Chemical and physical properties of petroleum spray oils. Journ. Agr. Res. **44**, 1932, 773—787.

[2]) Browne, A. C., The oil emulsions, a brief survey. Calif. Dept. Agr., Bull. **19**, 1930, 389—408; Hartzell, F. J., Inivestigations aimed at reducing the cost of pear psylla control. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 71—77; Kelley, V. W., Effect of certain hydrocarbon oils on transpiration rate of some deciduous tree fruits. Ill. Agr. Expt. Stat., Bull. **353**, 1930, 581 bis 600; Spuler, A., Overley, F. L., and Green, E. L., Oil sprays for dormant use. Wash. Agr. Expt., Stat., Bull. **247**, 1931, 27; Woodhams, G. E., Petroleum oil sprays on nursery stock. Calif. Dept. Agr., Mo. Bull. **20**, 1931, 325—330.

[3]) Young, P. A., Spray oil injury in apple leaves and limbs. Phytopathol. **20**, 1930, 122.

[4]) de Ong, E. R., Spezifications for petroleum oils to be used on plants. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 697—702.

[5]) Rohrbaugh, P. W., Penetration and accumulation of petroleum spray oils in the leaves, twigs and fruit trees. Plant. Physiol. **9**, 1934, 699—730; Young, P. A., and Morris, H. E., Injury to apple by petroleum oil sprays. Journ. Agr. Res. **47**, 1933, 505—522;

Anwendung der Mineralöle und Kombinationen mit anderen Bekämpfungsmitteln. Als Winterspritzmittel finden Mineralöle hauptsächlich Verwendung gegen Kokkiden und Kokkideneier, gegen Eier von Tetranychiden, Kapsiden, verschiedenen Lepidopteren (z. B. *Cacoecia argyrospila Walker*). Im Sommer dienen Mineralöle allein oder in Kombination mit anderen Insektiziden zur Bekämpfung von Schild- und Blattläusen, Spinnmilben, der Obstmade *(Carpocapsa pomonella L)*, von Homopteren *(Empoasca mali Le B., Empoa rosae L.)*.

Seifenhaltige Emulsionen vertragen sich nicht mit Blei-, Kalzium- oder Magnesiumarsenat, Silikofluoriden, Schwefelkalk- oder Schwefelbariumbrühen. Seifenfreie Emulsionen sind bis zu einem gewissen Grade mit Kupferkalkbrühe und Bleiarsenat verwendbar (Swingle und Snapp). Nach Quaintance, Newcomer und Porter[1]) ist die Kombination von Mineralöl mit Schwefelkalkbrühe für die Pflanzen gefährlich. Auch die Spritzfolge Schwefelkalkbrühe — Ölemulsion kann nach Overholser und Overley[2]) zu Pflanzenschädigungen führen. Zur Obstmadenbekämpfung hat sich die Kombination von Mineralöl mit Bleiarsenat oder Nikotinsulfat bewährt, da durch das Öl 80—95% der Eier dieses Schädlings vernichtet werden. Öl mit Bleiarsenat soll nach Spuler, Overley und Green nicht mehr nach dem 15. Juli gespritzt werden, da sonst die Entfernung des Giftbelages von den Früchten Schwierigkeiten bereitet. Die Geschichte der besonders wichtigen Kombination Öl-Nikotin hat Herbert[3]) beschrieben. Kerosen kann nach Smith[4]) als Aktivator für Nikotin dienen. Nach McWorter[5]) sollen Mineralölemulsionen auch fungizid (gegen *Sphaerotheca pannosa*) wirken. Guba[6]) konnte allerdings diese Befunde nicht voll bestätigen. Auch Rothe[7]) konnte mit Ölen allein keine ausreichende Wirkung gegen *Fusicladium* erzielen. Die Wirksamkeit von Kupferkalkbrühe ließ sich jedoch durch Zusatz von Öl steigern. Nach Quaintance, Newcomer und Porter wurde die Wirksamkeit von Ölemulsionen gegen Schildläuse durch Kombination mit Kupferkalkbrühe vermindert. Mineralölemulsionen, die Kupferazetat oder Kupferoxychlorid als Fungizide enthalten, sind in Patenten der I.G.-Farbenindustrie (D.R.P. 582702) beschrieben.

Versuche, unverdünnte, jedoch mit Emulgatoren versetzte Öle vom Flugzeug aus direkt auf Pflanzen zu versprühen, haben in USA. neuerdings in der Bekämpfung von Thrips, Schildläusen u. a. vielversprechende Erfolge gezeitigt

---

Young, P. A., Distribution and effect of petroleum oils and kerosenes in potato, cucumber; turnip, barley and onion. Journ. Agr. Res. **51**, 1936, 925—934.

[1]) Quaintance, A. L., Newcomer, E. J., and Porter, B. A., Lubricating oil sprays for use on dormant fruit trees. U. S. Dept. Agr., Farm. Bull. **1676**, 1931, 18.

[2]) Overholser, E. L., and Overley, F. L., Effect of oil sprays on apple trees. Wash. Agr. Expt. Stat. Bull. **245**, 1930, 43.

[3]) Herbert, F. B., History of the oil and nicotine combination. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 991—997.

[4]) Smith, R., The preparation of nicotine dust as an insecticide. Calif. Agr. Expt. Stat. Bull. **336**, 1921. 261—274.

[5]) Mc. Whorter, F. P., Fungicidal value of oil sprays. Phytopathol. **17**, 1927, 201—202.

[6]) Guba, E. F., Control of cucumber powdery mildew in greenhouses. Phytopathol. **18**, 1928, 847—860.

[7]) Rothe, G., Mineralöle im Pflanzenschutz II. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **17**, 1937, 46—48.

(Herbert, Parker).[1]) Das Verfahren ist erst durch Verwendung hochgereinigter Weißöle und besonders fein vernebelnder Spritzen (Vapo dust-Verfahren) möglich geworden.

Petroleum für sich oder in Kombination mit Schwefelkohlenstoff benutzte man vor etwa 40 Jahren gegen die Reblaus als Bodendesinfiziens. Nach Thiem und Kalandadze[2]) kann Petroleum die mangelhafte oberflächliche Entseuchungskraft des Schwefelkohlenstoffes beheben und ist zur oberflächlichen Entseuchung von Reblausherden, deren Reben der Vernichtung anheimfallen, sehr geeignet.

Gegen Fliegen, Stechmücken, Wohnungsungeziefer dienen besondere Erdölpräparate, die unverdünnt versprüht werden. Sie enthalten als toxische Zugaben Pyrethrum, geringe Mengen aromatischer Ester und ätherischer Öle. Für die Bereitung derartiger Präparate empfiehlt Pannewitz[3]) Petroleumfraktionen mit den Siedegrenzen von 160—297° C., (50% bis 221°), mit 11,4% Olefinen, 15,5% aromatischen Bestandteilen, 12,1% Naphthenen, 61% Paraffinen und dem Toluolwert von 20,8%, sowie 0,5% Destillationsrückstand.

#### γ) Teeröle

Geschichte der Anwendung von Teerölen im Pflanzenschutz: Teeröle aus Braun- oder Steinkohle werden vornehmlich, besonders in Europa, als Winterspritzmittel in größerem Umfange gebraucht.

In den „Comptes-rendus des séances de la Société entomolog. de Belgique" 1889 (S. 167) teilte Robbes mit, daß er Teeröle mit Erfolg zur Abtötung der Eigelege des Schwammspinners benutzt hat. Im Jahre 1894 stellte Sajo[4]) die Wirksamkeit von Steinkohlenteeröl (Anthrazenöl) gegen *Mytilaspis pomorum Bché.* sowie gegen Eigelege des Schwammspinners und Ringelspinners fest. Del Guercio[5]) empfahl 1892 ein mit weicher Seife emulgiertes schweres Teeröl, das also bereits als ein „wasserlösliches Obstbaumkarbolineum" im heutigen Sinne zu bezeichnen wäre, zur Blutlausbekämpfung im Winter. Der Name „Karbolineum" erscheint nach Houben und Hilgendorff[6]) zuerst Ende der 70er Jahre als Bezeichnung eines von Avenarius hergestellten Erzeugnisses und taucht dann als Name eines Holzabstriches in einem Avenarius erteilten Patent (D. R. P. 46021) auf. Ende 1901 erschien ein an Flemming erteiltes Patent (D. R. P. 127499) über ein „Verfahren zum Vernichten der Baum- und Weinrebenschädlinge und Ablösen der Borke, darin bestehend, daß man den Stamm mit einem Gemisch von Karbolineum und Kalkmilch" bestreicht. Die Einführung des wasserlöslichen Karbolineums in die große Pflanzenschutzpraxis geht wohl in der Hauptsache auf die im Jahre 1908 erschienene Veröffentlichung von Betten[7]) zurück. Seit dieser Zeit wurde

---

[1]) Herbert, F. B., Airplane liquid spraying. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1052—1056; Parker, W. B., Vapo Dust—a development in scientific pest control. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 718—720.

[2]) Thiem, H., u. Kalandadze, L., Petroleum als Reblausbekämpfungsmittel. Ztschr. angew. Ent. **18**, 1931, 319—343.

[3]) Pannewitz, E., Über die Toxizität von Mineralölkombinationen mit ätherischen Ölen bei Insektenvertilgungsmitteln mit Petroleumbasis. Ztschr. Desinfektion **23**, 1931, 339—342.

[4]) Sajo, K., Beiträge zur landwirtschaftlichen Insektenkunde. 2. Versuche mit Theeröl. Ztschr. Pflanzenkrankht. u. -schutz. **4**, 1894, 5—6.

[5]) Del Guercio, G., Notizie biologiche della *Schizoneura lanigera Hausm.* L'Agricoltura italiana **18**, 1892, 379—391.

[6]) Houben, J., u. Hilgendorff, G., Über Obstbaumkarbolineum I. Arb. d. Biol. Reichsanst. **14**, 1926, 109—162.

[7]) Betten, R., Neueste Versuche und Erfahrungen mit dem Karbolineum als sicheres Mittel gegen Blutlaus, Krebs und Brand, gegen *Fusicladium* und Ungeziefer aller Art. Verlag des „Erfurter Führers im Obst- u. Gartenbau", 1908.

Karbolineum von zahlreichen Autoren als Insektizid, Fungizid und Bodendesinfiziens geprüft. Eine Zusammenfassung der ersten Versuche bis 1911 bringt Molz[1]), der selbst Versuche über die Wirksamkeit der Bestandteile der Karbolineen (Leicht-, Mittel- und Schweröle, Rohbasen und Rohphenole) durchführte.

Chemische und physikalische Beschaffenheit der Teerölzubereitungen. In ähnlicher Weise, wie bei den Mineralölzubereitungen zwischen „löslichen Ölen" (miscible oder soluble oils) und den konzentrierten „Stammemulsionen" (stock-emulsions) unterschieden wurde (vgl. S. 478), teilt man auch die auf Teerölbasis aufgebauten Präparate in lösliche Öle, die sog. „wasserlöslichen Obstbaumkarbolineen" und in Stammemulsionen, die sog. „Baumspritzmittel" ein. Im Gegensatz zu wasserlöslichen Obstbaumkarbolineen, welche klare wasserarme Lösungen von Seifen in Teerölen vorstellen, sind Baumspritzmittel 30—40% Wasser enthaltende Stammemulsionen und dementsprechend stets trübe und von sahniger bis fast breiartiger Beschaffenheit. An Stelle der kalkempfindlichen Seifen enthalten sie sulfonierte Öle als Emulgatoren und sind dadurch kalkbeständig, also auch gegen sehr hartes Wasser unempfindlich und mit kalkhaltigen Mitteln, z. B. mit Kupferkalkbrühe mischbar. Die große Emulsionsbeständigkeit der Obstbaumkarbolineen wird von keinem Baumspritzmittel erreicht. Die bald einsetzende Entmischung der Emulsionen führt allerdings meistens nicht zur Abscheidung homogener Ölschichten wie dies bei minderwertigen Karbolineen vorkommt, sondern nur zu Verdichtungen der Emulsionen, die sich in ihrer Zusammensetzung derjenigen der ursprünglichen Vorratsemulsion nähern. Gewisse Verschiebungen im Verhältnis der Konzentrationen der Einzelbestandteile, z. B. Anreicherung der Phenole, können dabei aber auftreten.

Als Teeröle finden vorwiegend Destillate aus Steinkohlen, weniger solche aus Braunkohlen, bituminösen Schiefern, Torf und Holz Verwendung. Nach ihrem Gehalt an Anthrazen-, Mittel- oder Leichtölen unterscheidet man Obstbaumkarbolineen bzw. Baumspritzmittel aus Schweröl und solche aus Mittelöl. Bisweilen unterliegen die Öle noch einer besonderen Behandlung. So werden z. B. Chlorierungen der Teeröle zwecks Vermeidung der Ausscheidung von Naphthalin, Phenanthren, Anthrazen und anderer Verbindungen vorgenommen. Analytische Werte über die Zusammensetzung von Obstbaumkarbolineum veröffentlichten Houben und Hilgendorff, Weichherz, Profft und Götze, L. und J. Deshusses, Jencic und Bajec, Lindblom und Sjöberg und Martin.[2])

---

[1]) Molz, E., Untersuchungen über die Wirkung des Karbolineums als Pflanzenschutzmittel. Ztrbl. Bakt. II, **30**, 1911, 181—232.

[2]) Houben, J., u. Hilgendorff, G., Über Obstbaumkarbolineum I. Arb. d. Biol. Reichsanst. **14**, 1926, 109—162; Weichherz, J., Über die Eigenschaften und Zusammensetzung des wasserlöslichen Obstbaumkarbolineums. Chemiker-Ztg. **54**, 1930, 702—704; Jencic, S., u. Bajec, B., Über Emulsionen von Obstbaumkarbolineum. Koll. Ztschr. **55**, 1931, 212—228; Lindblom, A., u. Sjöberg, K., Studier rörande frukttrådskarbolineum. Meddel. Centralanst. försöksväs. jordbruksomr. **397**, 1931; Profft, E., u. Götze, G., Untersuchungen über Obstbaumkarbolineum. Ztrbl. Bakt. II, **83**, 1931, 127—164; Deshusses, L. A., et Deshusses, I., Contribution à l'analyse et à la normalisation des carbolineums bruts et solubles. Helv. Chim. Act. **15**, 1932, 1030—1048; Martin, H., The standardisation of petroleum and tar oils and preparations as insecticides. Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 334—414.

Die Teerölpräparate zeigen den großen Nachteil stark voneinander abweichender Zusammensetzung, da die zu ihrer Herstellung dienenden Teerölfraktionen trotz gleicher Herkunft verschieden ausfallen können. Um minderwertige Präparate auszuschließen und bis zu einem bestimmten Grade die gleichbleibende Zusammensetzung der übrigen zu sichern, wurden auf Anregung von Appel[1]) von der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft auf Grund von Untersuchungen in- und ausländischer Obstbaumkarbolineen Normen[2]) aufgestellt. Diese Normen umgrenzen lediglich die Ansprüche, denen Obstbaumkarbolineen hinsichtlich ihrer chemischen und physikalischen Beschaffenheit genügen müssen, um als einwandfreie und zuverlässig unschädliche Pflanzenschutzmittel zu gelten. Der innerhalb der Normen gewährte Spielraum ermöglicht, Obstbaumkarbolineen von noch erheblich verschiedener Zusammensetzung in den Verkehr zu bringen, die auch hinsichtlich ihres Wirkungsgrades voneinander abweichen können.

Die ursprünglich nur für wasserlösliche Obstbaumkarbolineen aufgestellten Normen lauten:

1. Obstbaumkarbolineum muß von gleichmäßig flüssiger Beschaffenheit sein und darf weder Schichten noch Ausscheidungen aufweisen.
2. Seine 10- und 15%igen Emulsionen mit destilliertemWasser dürfen bei 72stündigem ruhigem Stehen in gefüllter und geschlossener Flasche keine Entmischung unter Ölabscheidung zeigen.
3. Es muß mindestens 60% Kohlenteeröl enthalten, das zu mindestens 20% über 270° C sieden muß.
4. Der restliche Anteil des Obstbaumkarbolineums darf, soweit er nicht ebenfalls aus Kohlenteerölen der angegebenen Beschaffenheit besteht, nur Stoffe enthalten, deren Unschädlichkeit bekannt ist.
5. Obstbaumkarbolineum darf nicht mehr als 15% saure Öle und nicht mehr als 4% organische Basen enthalten.

Der Bedingung zu Punkt 1 entsprechen nur Karbolineen mit wenig Naphthalin, Anthrazen und Phenanthren, da diese Verbindungen bei kalter Lagerung der Präparate unerwünschte Ausscheidungen verursachen. Auf die Emulgierbarkeit und Emulsionshaltbarkeit der Obstbaumkarbolineen wurde besonderer Wert gelegt, weil sich zeigte, daß bei der Entmischung der wässerigen Emulsionen nicht nur hochkonzentrierte, pflanzenschädliche Produkte entstehen können, sondern auch solche völlig veränderter Zusammensetzung, wobei z. B. der Gehalt an sauren Ölen gegenüber dem des Ausgangsstoffes erheblich zunehmen kann. Ein bestimmter Gehalt der Karbolineen an hochsiedenden Ölen ist durch die besondere ovizide Wirksamkeit dieser Fraktionen begründet. Eine obere Grenzzahl für den Gehalt an sauren Ölen mußte festgelegt werden, weil Karbolineen mit darüber hinausgehendem Gehalt als pflanzenschädlich anzusehen sind.

Zu den Normen der Biologischen Reichsanstalt wurden verschiedene Abänderungen vorgeschlagen. Profft und Götze fordern 50% Mindestgehalt an über 200° siedenden Kohlenwasserstoffen, weitergehende Steigerung der über 250° siedenden Anteile und Beschränkung des Wassergehaltes. L. und I. Deshusses setzen den Mindestölgehalt auf 75% herauf und legen den Höchstgehalt an Wasser auf 10% fest. Zugabe von 25% Braunkohlenteeröl oder 10% über 200° siedendem Mineralöl ist nach ihnen zulässig. Sie unterscheiden ferner Karbolineen

[1]) Appel, O., Zur Karbolineumfrage. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **2**, 1922, 9—10.

[2]) Houben, J., Normierung der Obstbaumkarbolineen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 2—3.

vom Anthrazenöltyp, deren Kohlenwasserstoffe zu 50% über 250° und mindestens zu 90% über 200° sieden, und Karbolineen vom Mittelöltyp, deren Kohlenwasserstoffe mindestens zu 80% über 200° sieden. Beran und Watzl[1]) empfehlen, in den sonst als zweckmäßig anerkannten Normen unter Punkt 2 anstatt „10- und 15%igen Emulsionen" „Prozentsätze, die als Winterspritzmittel verwendet werden sollen" zu setzen und die Haltbarkeit der Emulsionen durch Titration mit n/10 $MgCl_2$-Lösung zu prüfen. 15 ccm $MgCl_2$-Lösung soll in 100 ccm 10%iger Emulsion keine sofortige Entmischung bewirken. Ferner fordern sie 40% an über 220° siedenden Bestandteilen und weiter, von einer Höchstgrenze für organische Basen abzusehen.

Unter Berücksichtigung neuerer Erfahrungen und unter Einbeziehung der Baumspritzmittel wurden von der Biologischen Reichsanstalt und der Fachgruppe Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel der Wirtschaftsgruppe Chemische Industrie 1936 neue Normen[2]) aufgestellt. Diese Normen lauten:

### A. Obstbaumkarbolineen.

1. Obstbaumkarbolineum muß von gleichmäßig flüssiger Beschaffenheit sein und darf weder Schichten noch Ausscheidungen aufweisen.

2. Seine 5- und 10%igen Emulsionen mit destilliertem Wasser dürfen bei 48stündigem ruhigem Stehen in gefüllter und geschlossener Flasche keine Entmischung unter Ölabscheidung zeigen.

3. Es soll mindestens 75% Kohlenteeröl enthalten. Von diesem Kohlenteeröl sollen mindestens 30% über 270° und höchstens 10% unter 200° sieden. Erzeugnisse aus Kohlenteerölen mit 75% und mehr über 270° siedenden Anteilen sind als Obstbaumkarbolineum aus Schweröl, Erzeugnisse aus Kohlenteerölen mit 30 bis (unter) 75% über 270° siedenden Anteilen als Obstbaumkarbolineum aus Mittelöl zu bezeichnen.

4. Der restliche Anteil des Obstbaumkarbolineums darf, soweit er nicht ebenfalls aus Kohlenteeröl der angegebenen Beschaffenheit besteht, nur Stoffe enthalten, deren Unschädlichkeit bekannt ist.

5. Obstbaumkarbolineum darf nicht mehr als 10% Phenole enthalten.

6. Die Teeröle des Obstbaumkarbolineums müssen zu mindestens 55% in Dimethylsulfat löslich sein.

### B. Baumspritzmittel.

1. Baumspritzmittel (Teerölemulsionen) muß nach Umschütteln von gleichmäßiger flüssiger Beschaffenheit sein und darf danach feste oder ölige Ausscheidungen nicht aufweisen.

2. Seine 5- und 10%igen wässerigen Gebrauchsemulsionen dürfen nach 48stündigem ruhigem Stehen nur Emulsionsverdichtungen oder Emulsionsverdünnungen, jedoch keine Ölabscheidungen aufweisen. Die Emulsionen sollen sich auch nach 48stündigem Stehen durch leichtes Hin- und Herbewegen mühelos zu einheitlichen Flüssigkeiten zurückverwandeln lassen.

3. Es soll mindestens 55% Kohlenteeröl enthalten. Von dem Kohlenteeröl sollen mindestens 60% über 270° und höchstens 10% unter 200° sieden.

4. Der restliche Anteil des Baumspritzmittels darf, soweit er nicht ebenfalls aus Kohlenteeröl der angegebenen Beschaffenheit besteht, nur Stoffe enthalten, deren Unschädlichkeit bekannt ist.

5. Es darf nicht mehr als 6% Phenole enthalten.

6. Die Teeröle des Baumspritzmittels müssen zu mindestens 55% in Dimethylsulfat löslich sein.

---

[1]) Beran, F., u. Watzl, O., Untersuchungen über Obstbaumkarbolineen. Ztschr. angew. Ent. **20**, 1933, 382—414.

[2]) Hilgendorff, G., Normen für Obstbaumkarbolineen und Baumspritzmittel (Teerölemulsionen) Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **16**, 1936, 97—98 und 108.

Unter Berücksichtigung der bisher gemachten Erfahrungen stellte Martin[1]) Normen für zwei Typen von Teerölpräparaten auf, von denen der eine für die Winterspritzung im allgemeinen, der andere besonders für die Bekämpfung von Aphiden- und Psyllideneiern geeignet ist.

Die insektizide, ovizide und phytotoxische Wirksamkeit von Teerölzubereitungen in Abhängigkeit von ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften. Die ovizide Wirksamkeit der Teerölemulsionen ist durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften bedingt. Den physikalischen Einfluß der neutralen Öle untersuchte Tutin[2]) und stellte fest, daß die hochsiedenden Öle gegen die Eier von *Aphis pomi* und *Cheimatobia brumata* wirksamer sind als die niedrigsiedenden. Zu gleichen Ergebnissen gelangten Staniland, Tutin und Walton, Tomaszewski und Fischer, Kearns, Martin und Wilkins.[3]) Bei Versuchen mit Larven von *Eulecanium corni* stellten Beran und Watzl ebenfalls eine bessere Wirkung der hochsiedenden Öle fest. Die Wirksamkeit der niederen Kohlenwasserstoffe nahm mit steigendem Siedepunkt zu. Auch Götze (in Profft und Goetze l. c.) beobachtete bei Versuchen mit *Calandra granaria* eine Zunahme der insektiziden Wirkung bei steigendem Gehalt an über 260° C siedenden Ölen. Nach den bisher durchgeführten Untersuchungen kann also gesagt werden, daß die ovizide und insektizide Wirksamkeit der Teerölemulsionen weitgehend physikalischer Natur ist, daß also die Abtötung der Insekteneier durch Erstickung infolge Luftabschlusses durch einen mehr oder weniger beständigen Ölfilm erfolgt. Aus der Tatsache, daß Teerölemulsionen auch gegen Aphiden- und Psyllideneier wirksam sind, gegen die Mineralölemulsionen nicht ausreichend wirken, läßt vermuten, daß die ovizide Eigenschaft der Teeröle nicht nur auf physikalischen sondern auch auf chemischen Faktoren beruht. So fanden Austin, Jary und Martin[4]), daß die toxische Wirkung verschiedener Öle auf die Eier von *Psylla mali* auf dem Gehalt an aromatischen Kohlenwasserstoffen beruht. Die sauren Bestandteile der Teerölemulsionen haben keinen entscheidenden Einfluß auf ihre ovizide und insektizide Wirksamkeit. Nach Tutin wird durch hohen Phenolgehalt die Wirksamkeit gegen Eier von *Aphis pomi* und *Cheimatobia brumata* vermindert. Nach Lindblöm und Sjöberg wird durch hohen Phenolgehalt die Wirksamkeit gegen Eier von *Psylla mali* nicht gesteigert. Nach Tomaszewski und Fischer kann jedoch eine an sich geringe ovizide Wirkung infolge Mangels an hochsiedenden

---

[1]) Martin, H. T., The standardisation of petroleum and tar oils and preparations as insecticides. Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 334—414.

[2]) Tutin, F., Investigations on tar distillate and other spray liquids. Part. I. Rep. Agric. Hortic. Res. Stat. Bristol 1927, 81—90.

[3]) Staniland, L. N., Tutin, F., and Walton, C. L., Investigations on egg-killing washes at the Long Ashton Research Station. Journ. Pomol. Hortic. Sci. **8**, 1930, 129—152; Tomaszewski, W., und Fischer, W., Versuche mit Obstbaumkarbolineen und Baumspritzmitteln. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **16**, 1936, 74—76 und 87—89; Kearns, H. G. H., Martin, H., and Wilkins, A., Investigations on egg-killing washes II. The ovicidal properties of hydrocarbon oils on *Aphis pomi de Geer*. Journ. Pomol. Hortic. Sci. **15**, 1937, 56—68.

[4]) Austin, M. D., Jary, S. G., and Martin, H., Studies on the ovicidal action of winter washes, 1931 trials. Journ. So.-East. Agr. Coll. Wye **30**, 1932, 63—86; 1932 trials. Ibid. **32**, 1933, 63—83; 1933 trials. Ibid. **34**, 1934, 114—135.

Ölen durch übermäßig hohen Phenolgehalt (bis fast 25%) ausgeglichen werden. Beran und Watzl stellten eine nur mäßige Wirksamkeit der sauren Bestandteile gegen Larven von *Eulecanium corni* fest. Dagegen fanden sie, daß von den basischen Bestandteilen Chinolin gut wirksam, Pyridin fast unwirksam ist. Nach Lindblöm und Sjöberg erhöhen die basischen Bestandteile die Wirksamkeit gegen Eier von *Psylla mali*. Kearns, Martin und Wilkins prüften verschiedene Kohlenwasserstoffe aus niedrig- und hochsiedenden Teerölen, z. B. Diphenyl, Phenanthren, Dekalin, Tetralin u. a. auf ihre Wirksamkeit gegen Eier von *Aphis pomi*. Keiner der geprüften Stoffe zeigte bemerkenswerte toxische Eigenschaften. Die Art der Emulgierung scheint von geringem Einfluß auf die ovizide Wirksamkeit der Teeröle zu sein; es wurden jedoch deutliche Unterschiede der insektiziden Wirksamkeit festgestellt. Nach Speyer[1]) sind Obstbaumkarbolineen gegen *Anthonomus pomorum* und andere Insekten wesentlich weniger wirksam als Baumspritzmittel. Nach Beran[2]) nimmt die Wirksamkeit von Teerölemulsionen gegen Schildläuse (*Epidiaspis leperei* und *Eulecanium corni*) mit steigender Tröpfchengröße des emulgierten Öles ab.

Auf belaubte Pflanzen wirken Teerölemulsionen selbst in geringen Konzentrationen stark schädigend, so daß sie nur für die Winterspritzung geeignet sind. Schwartz[3]) stellte fest, daß Verdünnungen von Obstbaumkarbolineen, die der Pflanze nicht mehr schaden, auch auf Blutläuse keinerlei Wirkung mehr ausüben. Nach Molz[4]) wird das Blattwerk um so mehr geschädigt, je schwerer das Teeröl ist. Als Dämpfe wirken dagegen die leichten Öle, die Rohbasen und Rohphenole besonders schädlich. Nach Houben und Hilgendorff (1926, l. c.) wurden Apfel-, Birnen- und Pflaumenbäume sowohl durch Phenole (besonders durch m-Kresol) wie durch organische Basen sehr stark, durch Naphthalin und Anthrazen wenig geschädigt. Nach Tutin werden durch Entfernung der Phenole die phytotoxischen Eigenschaften der Emulsionen hochsiedender Öle vermindert. Es wurde mehrfach behauptet, daß Karbolineen auf die Pflanzen stimulierend wirken; Gleisberg[5]) konnte auf Grund hierüber angestellter Untersuchungen diese Behauptungen nicht bestätigen. Durch Karbolineumbehandlung kann der „Sonnenbrand" der Bäume verursacht werden, weil bei Sonnenbestrahlung die dunkle Rinde in sehr starkem Maße Wärmestrahlen absorbiert. Zur Vermeidung dieser Schädigung wurde empfohlen, die Karbolineen zusammen mit Kalkbrühe zu verspritzen. Einen günstigen Einfluß üben die Karbolineen auf die behandelten Bäume durch Vernichtung von Moosen und Flechten aus. Daß Teerölemulsionen

---

[1]) Speyer, W., Obstbaumkarbolineen als Schädlingsbekämpfungsmittel. Ztschr. angew. Ent. **20**, 1934, 565—589; ders., Die Empfindlichkeit von Insekten und Insektenlarven gegen Teerölpräparate. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **16**, 1936, 89—92.

[2]) Beran, F., Zur Kenntnis der Obstbaumkarbolineumemulsionen. II. Teilchengröße und insektizide Wirkung. Anz. f. Schädlingskunde. **13**, 1937, 1—3.

[3]) Schwartz, M., Mittel gegen schädliche Insekten. Mitt. Kaiserl. Biol. Reichsanst. **8**, 1909, 39—41.

[4]) Molz, E., Untersuchungen über die Wirkung des Karbolineums als Pflanzenschutzmittel. Ztrbl. Bakt. II, **30**, 1911, 181—232.

[5]) Gleisberg, W., Ein Beitrag zur Frage der positiven Reizwirkung von Obstbaumkarbolineum. Zellstimulationsforschgn. **3**, 1928, 139—150; ders., u. Mentzel, F., Die physiologische Wirkung von Obstbaumkarbolineum. Gartenbauwissenschaft **7**, 1933, 711—745.

in den für Pflanzen verträglichen Konzentrationen ausreichend fungizid sind, geht aus Versuchen von Martin und Salmon[1]) (gegen *Sphaerotheca humuli*) und Loewel[2]) *(Fusicladium)* hervor.

Kombination von Teer- und Mineralölen. Die Tatsache, daß Teeröle gegen Aphiden- und Psyllideneier wirksamer als Mineralöle sind, jedoch gegen die Eier von Kapsiden und Geometriden sowie gegen Schildläuse (San José-Laus) nicht die Wirksamkeit der Mineralöle erreichen, gab Anlaß, Teer- und Mineralöle miteinander zu kombinieren (Hough).[3]) Daß diese Kombination leicht Pflanzenschädigungen verursachen kann, geht aus Versuchen von Hartzell, Parrot und Pearce[4]) hervor. Es ist deshalb wichtig, daß geeignete Öle in einem für die Pflanzen ungefährlichen und für die Bekämpfung der verschiedenen Schädlinge ausreichenden Verhältnis kombiniert werden. Normen für derartige Teer-Mineralölzubereitungen hat Martin ausgearbeitet.

Anwendung der Teerölemulsionen. Teerölemulsionen finden in erster Linie als Winterspritzmittel zur Bekämpfung von Aphiden- und Psyllideneiern Anwendung.[5]) Obstbaumkarbolineen aus Schweröl werden in Deutschland zu diesem Zwecke meist in 5%iger, Obstbaumkarbolineen aus Mittelöl und Baumspritzmittel in 8%iger Emulsion benutzt. In England gebraucht man die nur hochsiedende neutrale Teeröle enthaltenden sog. Long Ashton-Lösungen. Wegen der Schwierigkeit der Herstellung genügend haltbarer Emulsionen aus hochsiedenden Ölen sind Zusätze besonderer Art im Gebrauch, die die Bereitung des Long Ashton Twosolutions-Waschmittels ermöglichen. In Frankreich verwendet man ebenfalls Karbolineen vom Anthrazenöltyp, die sich die Verbraucher teilweise selbst herstellen (Paillot).[6]) Teerölemulsionen haben sich zur Vernichtung der Kohlfliegeneier *(Chortophila brassicae* und *Ch. floralis)* bewährt (Tomaszewski, Nitsche und Langenbuch).[7]) Nach Müller und Molz[8]) sind rohe

---

[1]) Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray-fluids VIII. The fungicidal properties of mineral, tar and vegetable oils. Journ. Agr. Sci. **21**, 1931, 638 bis 658.

[2]) Loewel, E. L., Der Anwendungsbereich des Karbolineums als Winterbekämpfungsmittel im Obstbau. Gartenbauwissenschaft **7**, 1933, 496—518.

[3]) Hough, W. S., The officiency of tar distillate sprays in controlling. San-José scale in 1932. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 470—473.

[4]) Hartzell, F. Z., and Parrott, P. J., Tar distillate emulsions for the control of the rosy aphid and other fruit insects. N. Y. State Agr. Expt. Stat. Bull. **636**, 1933, 29; Hartzell, F. Z., and Pearce, G. W., Tentative standard concentration of tar distillates for certain insects. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 453—459.

[5]) Loewel, E. L., l. c.; Langer, W., Die Grenzen der physiologischen Wirksamkeit von Obstbaumkarbolineum insbesondere in der Pflaumenkultur. Gartenbauwissenschaft **7**, 1933, 590—618; Hurt, R. H., Tar oil distillates as dormant spray mateıials for fruit trees. Virgin. Agr. Expr. Stat. Bull. **293**, 1933, 15.

[6]) Paillot, A., Traitment d'hiver des arbres fruitiers par les émulsions d'huile minérale en bouillie cuprique. Compt. rend. Acad. Agr. France **16**, 1930, 181—183.

[7]) Tomaszewski, W., Nitsche, G., u. Langenbuch, E., Die Bekämpfung der Kohlfliegen *Chortophila brassicae Bché.* und *Ch. floralis Fall.* Arb. physiol. angew. Ent. Berlin-Dahlem **1**, 1934, 229—242 u. 280—290.

[8]) Müller, H. C., u. Molz, E., Versuche mit Saatschutzmitteln. Landw. Jahrb. **52**, 1919, 67—130.

phenol- und basenfreie Steinkohlenteeröle als fraßabschreckende Mittel brauchbar; schwere Teeröle und phenolhaltige Teeröle schädigen die Keimung des Korns. Teeröle sollen ferner zur Aktivierung der Nematoden im Boden zu verwenden sein (Rademacher, Reinmuth).[1]

## 5. Organische Basen und Alkaloide

Zahlreiche aliphatisch und aromatisch substituierte Aminbasen, Pyrrol-, Pyridin-, Chinolin- und Nikotinderivate wurden von Tattersfield und Gimingham[2] sowie Richardson und Shepard[3] in ihrer Giftwirkung meistens gegen Aphiden geprüft. Nach den Grundsätzen der pharmakologischen Prüfung chemischer Präparate, nämlich durch systematische Variation der Substituenten in den Verbindungen wurde versucht, die Zusammenhänge zwischen chemischer Konstitution und insektizider Wirkung aufzudecken. Als Hauptergebnisse sind zu nennen, daß die Giftigkeit des an sich schwach wirksamen Pyridins zunimmt 1. durch Hydrierung, 2. durch Einführung bestimmter Seitenketten in bestimmter Stellung und 3. durch Kondensation mit Benzolringsystemen. In der Naphthalinreihe sind die Basen der $\alpha$-Reihe wirksamer als die isomeren $\beta$-Verbindungen. Bezüglich aller Einzelheiten wird auf die Originale verwiesen.

Der wichtigste Vertreter der Gruppe ist das Nikotin, das eine hervorragende Rolle im Pflanzenschutz spielt. Von gewisser Bedeutung sind daneben noch Anabasin und Strychnin. Aus *Delphinium consolida* und *Delphinium staphisagria* gewonnene Öle und Alkaloide wurden als Berührungs- und teilweise als Magengifte gegen Insekten von Davidson[4]) vorgeschlagen.

Anilin, $C_6H_5 \cdot NH_2$, schwach, aber charakteristisch riechende Flüssigkeit vom Sdp. 184° ist als Insektizid im Vorratsschutz versucht worden. Das Einatmen der für Menschen recht giftigen Dämpfe ist zu vermeiden.

p-Phenylendiamin, $C_6H_4 \cdot (NH_2)_2$, in reinem Zustand farblose, an der Luft rasch dunkel werdende, auf der Haut übrigens zuweilen schwere Ekzeme hervorrufende Kristalle, Smp. 147°. 0,3% sind in Ködern gegen Drahtwürmer wirksam.[5]

---

[1]) Rademacher, B., Reizphysiologische Beobachtungen an dem Rübennematoden *Heterodera schachtii Schmidt*. Wiss. Arch. Landw., A. Pflanzenb. **3**, 1930, 750—787; Reinmuth, E., Der Kartoffelnematode. Ztschr. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **39**, 1929, 241—275.

[2]) Tattersfield, F., and Gimingham, C. T., Studies on contact insecticides. Part. V. The toxicity of the amines and N-heterocyclic compounds to aphis rumicis L. Ann. Appl. Biol. **14**, 1927, 217—239; Tattersfield, F., The relationship between the chemical constitution of organic compounds and their toxicity to insects. Journ. agr. Science **17**, 1927, 181—208.

[3]) Richardson, C. H., and Shepard, H. H., The insecticidal action of some derivatives of pyridine and pyrrolidine and of some aliphatic amines. Journ. Agr. Res. **40**, 1930, 1007—1015.

[4]) Davidson, W. M., Insecticidal tests with oils and alkaloids for larkspur *(Delphinum consolida)* and stavesacre *(Delphinum staphisagria)*. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 226—234.

[5]) Lehmann, R. S., Field experiments with various poison baits against wireworms, *Limonius (Pheletes) canus Lec.* Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 243—252.

Pyridin, (Strukturformel: HC=CH–CH=CH–N=, Ring) farblose, intensiv und charakteristisch riechende, mit Wasser in jedem Verhältnis mischbare Flüssigkeit vom Sdp. 115°. Pyridin findet sich mitunter als Beistoff besonders in Nikotinpräparaten. Seine insektizide Wirkung ist gering, z. B. gegen *Tribolium confusum* nach Richardson[1]) 33mal schwächer als die des Nikotins. Müller[2]) will Obstbäume durch Pyridininjektion von Aphiden befreit haben. Gleiches soll man nach Davidson und Henson[3]) vermittels Pyridinzufuhr durch die Baumwurzeln erreichen können. Pyridin hat aber weder für die innere Therapie der Bäume noch für andere Verfahren im Pflanzenschutz irgendwelche Bedeutung gewonnen. Unter seinen Derivaten sind jedoch außer Nikotin und Anabasin noch Dipyridyl und Benzylpyridin als vortreffliche Insektizide erkannt worden.

Benzylpyridin (vermutlich $\alpha$- und $\beta$-), ein wasserunlösliches Öl, nähert sich nach Ver-

$C_5H_4N–CH_2–C_6H_5$ und $C_5H_4N–CH_2–C_6H_5$

suchen von Tattersfield und Gimingham[4]) in seiner Giftigkeit gegen Insekten von allen Pyridinderivaten dem Nikotin am meisten. In den brauchbaren Konzentrationen wurden Schädigungen der Blätter noch nicht beobachtet.

Dipyridyl. Rohes Dipyridylöl, welches wohl alle sechs möglichen Isomeren enthielt ($\alpha,\alpha$- $\beta,\beta$- $\gamma,\gamma$- $\alpha,\beta$- $\alpha,\gamma$- $\beta,\gamma$-) in der Hauptsache aber $\alpha,\alpha$- $\beta,\beta$- $\gamma,\gamma$- und $\beta,\gamma$- benutzten

(Strukturformeln der sechs Dipyridyl-Isomeren)

Richardson und Shepard[5]) wegen gewisser Ähnlichkeiten mancher dieser Basen mit Nikotin zu Versuchen an Insekten. Das Öl war sehr giftig für Aphiden, wenn auch nicht in dem Maße wie Nikotin. Gegen Larven gewisser Käfer und Schmetterlinge angewandt, übertraf es sogar Nikotin an Wirkung. Von den einzelnen Dipyridylen wurden bisher $\alpha,\alpha$-$\beta$, $\beta$-$\beta$, $\gamma$ und $\alpha,\beta$-Dipyridyl untersucht. Die im rohen Öl wirksamste Verbindung konnte aber noch nicht ausfindig gemacht werden. Bei Versuchen von Newcomer und Yothers[6]) ergaben Dipyridylsulfat und Benzylpyridin als Ersatz für Nikotin jedoch unzureichende Ergebnisse.

---

[1]) Richardson, C. H. and Haas, L. E., (Die relative Giftigkeit von Pyridin und Nikotin in Gasform gegenüber *Tribolium confusum Duval.*) Jowa State Coll. Journ. Science **6**, 1932, 287—298.

[2]) Müller, A., Die innere Therapie der Pflanzen. Monogr. angew. Ent. **8**, 1926, 1—206.

[3]) Davidson, J., u. Henson, H., The internal condition of the host plant in relation to insect attack with special reference to the influence of pyridine. Ann. Appl. Biol. **16**, 1929, 458—471.

[4]) Tattersfield, F., and Gimingham, C. T., Studies on contact insecticides. 5. The toxicity of the amines and N-heterocyclic compounds to *Aphis rumicis L.* Ann. Appl. Biol. **14**, 1927, 217— 39.

[5]) Richardson, C. H., and Shepard, H. H., The insecticidal action of some derivates of pyridine and pyrrolidine and of some aliphatic amines. Journ. Agr. Res. **40**, 1930, 1007—1015.

[6]) Newcomer, E. J., and Yothers, M. A., Experiments with insecticides for codling moth control. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. **281**, 1932, 29.

Hydrierte und alkylierte Pyridine, Chinoline und Akridine sind gleichfalls als Nikotinersatzstoffe vorgeschlagen worden, ohne jedoch bisher Nikotin verdrängt zu haben.[1])

Methylol-karbazol wurde als wirksames, giftfreies Saatguttrockenbeizmittel empfohlen.[2])

Chinosol, 8-Oxychinolinsulfat, $(C_9H_6N\cdot OH)_2 \cdot H_2SO_4$ gelbes Pulver, in wässeriger Lösung sauer reagierend, ist als Saatgutbeizmittel brauchbar gefunden worden, ohne jedoch große Bedeutung erlangt zu haben. Die Hemmungswertzahlen für pilzliche Schädlinge stellte Wollenweber[3]) fest. Meyer[4]) fand es in Konzentrationen 1 : 6000 gegen Pilzkrankheiten der Rebe wirksam.

Eine bescheidene Rolle in der Nagetierbekämpfung spielen die Purinbasen Theobromin (Dimethylxanthin), $C_7H_8O_2N_4$, farblose, bitter schmeckende Kristalle und Trimethylxanthin, $C_8H_{10}O_2N_4$, von dem isomeren Coffein durch Löslichkeitsverhältnisse unterschieden, als Bestandteile von Ködern.

Anabasin, α-Piperidyl-β'-pyridin,

$$C_5H_4N-CH\langle(CH_2)_4\rangle NH$$

kommt neben anderen Alkaloiden (unter anderen wahrscheinlich Lupinin, $C_{10}H_{19}ON$, Smp. 68—69°) in der in Mittelasien weit verbreiteten *Chenopodiacee Anabasis aphylla L.* vor. Farbloses, stark alkalisches, in Wasser leicht lösliches, mit Wasserdampf ziemlich schwer flüchtiges Öl von charakteristischem Geruch Sdp. $_{760}$: 276°, Sdp. $_2$: 104—105°, $[\alpha]_D = -82{,}20°$. $d^{20}_{20} = 1{,}0455$. Anabasin-Hydrochlorid $[\alpha]_D = +9{,}2°$. Anabasin ist isomer mit Nikotin und wird gelegentlich auch Neonikotin genannt.[5]) Technisches Anabasinsulfat kann kleine wechselnde Mengen (ca. 2%) Nikotin enthalten. Dies erklärt sich durch abwechselnde Verwendung derselben Apparatur für die Destillation beider Basen. Die Anabasispflanze enthält kein Nikotin. Weitere chemische Einzelheiten finden sich in den Arbeiten von Orechoff und Menschikoff.[6])

Anabasin wird wegen seiner guten insektiziden Wirkung neuerdings in steigendem Maße zur Schädlingsbekämpfung verwandt.

---

[1]) Vgl. z. B. D. R. P. 580032, 1933.

[2]) Meyer-Mainz, D. R. P. 553857, 1932.

[3]) Wollenweber, H. W., Chinosol gegen schädliche Pilze. Angew. Bot. **11**, 1929, 116 bis 120.

[4]) Meyer, A., (Über die Anwendung von Farbstoffen und verschiedenen organischen Substanzen im Kampf gegen Pilzkrankheiten, besonders gegen Rebenmehltau.) Rev. Viticulture **77**, 1932, 117—120.

[5]) Vgl. Smith, C. R., Neonicotine and isomeric pyridylpiperidines. Journ. Am. chem. Soc. **53**, 1931, 277—283.

[6]) Orechoff, A., u. Menschikoff, G., Über die Alkaloide von *Anabasis aphylla*. Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **64**, 1931, 266; **65**, 1932, 232 u. 234 u. 726 u. 1126; **66**, 1933, 466; vgl. Ber. **67**, 1934, 1344 u. 1606.

Es ähnelt in seiner Wirkung dem Nikotin[1]) und soll gegen bestimmte Insekten bei gleicher Konzentration sogar noch wirksamer als dieses sein.[2]) Im allgemeinen wird es aber wohl für weniger giftig als Nikotin gehalten.[3])

Methylanabasin in Mischung mit Tannin ist der Tobacco By-Products a. Chem. Corp.[4]) als Insektizid patentiert. Über die Wirkung des Methylanabasins vgl. Campbell, Sullivan und Smith.[5])

Veratrin ist ein Gemisch verschiedener Alkaloide besonders aus den Samen *Sabadilla officinalis*. Man unterscheidet kristallisiertes Veratrin oder Cevadin, $C_{32}H_{49}O_9N$, Smp. 205°, $[\alpha]_D^{17} = +12{,}5°$ in Alkohol und amorphes Veratrin oder Veratridin; das offizinelle Veratrin Merck ist ein Gemisch beider. Ähnliche Alkaloidgemische meist geringerer Wirksamkeit enthalten andere Veratrumarten, z. B. *V. album, viride* und *lobelianum*. Technisches Veratrin ist eine weiße amorphe Masse mit unscharfem Smp. zwischen 140 und 155°. Es wird mit 4—5% Ausbeute aus Sabadillsamen gewonnen. Das Alkaloid sowie das Samenpulver reizen Schleimhäute und Augen außerordentlich stark. Veratrin und Sabadillsamenzubereitungen dienen als Grundstoffe für Insektizide. Es ist ein Berührungs- und Atemgift und wirkt lähmend auf das Zentralnervensystem.

Strychninnitrat, $C_{21}H_{22}O_2N_2 \cdot HNO_3$. Mol.-Gew. 397 (84,14% Strychnin, 15,86% $HNO_3$). Farblose, bitter schmeckende Kristallnädelchen. In 90 Teilen kaltem, in 3 Teilen siedendem Wasser, in 70 Teilen Alkohol (91%) löslich, in Chloroform und Äther fast unlöslich. Nach Portnow[6]) geht Strychnin auch aus saurer Lösung in Äther und Chloroform über, wenn die Lösung nicht mindestens 2,5% Weinsäure enthält. Äther und Chloroform sollen auch frei von Alkohol sein.

Ferrozyanstrychnin ist $C_{21}H_{22}O_2N_2 \cdot H_4Fe(CN)_6$.

Für Menschen und Tiere ist Strychnin außerordentlich giftig. Man benutzt es in Form eines 0,5% Strychninnitrat enthaltenden Giftgetreides gegen Feld-, Brand- und Waldmäuse. Zur Herstellung des Giftgetreides dient meistens Weizen und geschälter Hafer. Man läßt das Getreide zunächst 12 Stunden in Wasser vorquellen, trocknet es wieder bis zum ursprünglichen Wassergehalt und tränkt das aufgelockerte Getreide mit 0,5—0,8 Teilen einer 1,25%igen, mit wenig Fuchsin gefärbten wässerigen Strychninnitratlösung, entsprechend 0,5—1% Gift-

[1]) Ssargin, K. D., Zur Pharmakologie des Anabasins. Chem. pharmaz. Ind. 1933, 135—138 (russ.); Chem. Ztrbl. 1934, I, 3364.

[2]) Rep. Connect. agric. Exp. Stat. **56**, 433; Richardson, C. H., Craig, L. C., and Hansberry, T. R., Toxic action of nicotines, nornicotines and anabasine upon *aphis rumicis L.* Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 850—855.

[3]) Campbell, F. L., Sullivan, W. N., u. Smith, C. R., (Die relative Giftigkeit von Nikotin Anabasin, Metylanabasin und Lupinin gegenüber Moskitolarven. Journ. econ. Entom **26**, 1933, 500—508); Chem. Ztrbl. 1933, II, 113; Craig, L. C., and Richardson, C. H., Insecticidal action in the nitrogen heterocyclic compounds. Jowa State Coll. Journ. Sci. **7**, 1933, 477—485; Gersdorff, W. A., A comparison of the toxicity of nicotine and anabasins. Journ. Am. Chem. Soc. **55**, 1933, 2941—2945.

[4]) A. P. 1925, 225; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3333.

[5]) Campbell, F. L., Sullivan, W. N., u. Smith, C. R., Die relative Giftigkeit von Nikotin, Anabasin, Methylanabasin und Lupinin gegenüber Moskitolarven. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 500—508; Chem. Ztrbl. 1933, II, 113.

[6]) Portnow, Pharm. Zentralhalle **70**, 1922, 661.

getreide. Gegen Maulwürfe kann man Regenwürmer benutzen, die mit 2%igen Lösungen begossen sind.

Das Strychninnitrat soll möglichst frei von Brucin sein, da das Salz dieser, als steter Begleiter des Strychnins in den verschiedenen Strychnospflanzen vorkommenden Base $C_{23}H_{26}O_4N_2 \cdot 4H_2O$ infolge seines außerordentlich bitteren Geschmackes besonders fraßabschreckend wirkt.

Strychningetreide des Handels darf nach einer polizeilichen Verordnung[1]) nicht mehr als 0,5% Strychninnitrat enthalten und muß rot gefärbt sein. Burkhardt[2]) empfiehlt auf Grund von Versuchen an Mäusen, auf 0,8% Strychninnitratgehalt heraufzugehen. Anstatt Strychninnitrat ist ferner das auch bei Brucingehalt weniger fraßabschreckende, in Wasser leicht lösliche Strychninphosphat vorgeschlagen worden.

## Nikotin und Nikotinverbindungen

### 1. Bedeutung der nikotinhaltigen Pflanzenschutzmittel

Die Brauchbarkeit von Tabakstaub und aus Tabakresten hergestellten Brühen zur Schädlingsbekämpfung ist seit langem bekannt. Nach Metcalf[3]) liegen Literaturangaben vor über Anwendung von Tabakbrühen gegen Blattläuse im Jahre 1763 und für Tabakstaub gegen Blattläuse im Jahre 1787. Tabaklauge unter Zusatz von Seife, Schwefelblüte und Ätzkalk wurde im Jahre 1842 angewandt. Der erste käufliche Nikotinextrakt kam als „Gold-Leaf" 1885 in USA. in den Handel. Im Jahre 1917 wurde in Kalifornien zum ersten Male ein Nikotinstäubemittel in der Praxis angewandt.

Nikotin ist eines unserer besten und wichtigsten Schädlingsbekämpfungsmittel. Es wird im Deutschen Reich besonders im Weinbau (ca. 100000 kg Rohnikotin[4]) jährlich) neben Arsen zur Heu- und Sauerwurmbekämpfung angewandt und ist zur Zeit noch der stärkste Konkurrent für die Arsenpräparate. Wollte man letztere allerdings auf der halben deutschen Weinbaufläche (35000 ha statt 80000 ha) durch Nikotin ersetzen, so benötigte man bei 7—8maliger Anwendung über 700000 kg Rohnikotin. Nach Roark[5]) verbrauchte USA. im Jahre 1934 an 40% Nikotinsulfat 2000000 pds. (= ca. 900000 kg).

### 2. Chemisches über Nikotin und die wichtigsten Nikotinverbindungen

Nikotin, nach Nicot (geb. 1530) genannt, seit 1828 als Bestandteil des Tabaks bekannt, ist $\beta$-Pyridyl-$\alpha$-methylpyrrolidin (nach Pictet), eine farblose, an der Luft unter Sauerstoffaufnahme sich gelbbraun bis tiefbraun färbende Flüssigkeit vom Sdp. 242° (im Wasserstoffstrom), spez. Gew. 1,011 (20°), dem optischen Drehungsvermögen $[\alpha]_D = -181°$ in Xylol, $-177°$ in Toluol und

[1]) Reichsanzeiger 1906, 51.

[2]) Burkhardt, F., Zur Frage der Feldmäusebekämpfung mittels Strychnin. Ztschr. f. Schädlingsbekämpfung **1**, 1923, 13—16, 63—68.

[3]) Metcalf, C. L., Progress in spraying and dusting methods during the past seventy-five years. Transact. Illin. Hortic. Soc. 1930, 287—307; Martin, H., s. S. 382.

[4]) Umschau **37**, 1935, 46.

[5]) Roark, R. C., Insecticides and fungicides. Industr. and Engin. Chemistry **27**, 1935, 530—532.

— 174° in Benzol. In wässeriger und alkoholischer Lösung ist sein Drehungsvermögen stark vermindert. Seine Salze sind rechtsdrehend. Nikotin ist in Wasser, Alkohol, Äther, Petroläther und fetten Ölen leicht löslich. Sauerstoffsäuren gegenüber ist es einbasisch, Wasserstoffsäuren gegenüber zweibasisch. Demnach ist neutrales Nikotinsulfat $(C_{10}H_{14}N_2)_2 \cdot H_2SO_4$, Nikotinhydrochlorid $C_{10}H_{14}N_2(HCl)_2$. Alkalihydrate scheiden Nikotin aus seinen wässerigen Lösungen aus.

```
        CH        CH2—CH2
       //  \       |    |
     HC    C——————CH    CH2
     |     ||       \N//
     HC    CH        |
       \\  /        CH3
         N
```

Nikotinsulfat stellt eine konzentrierte Lösung des unkristallisierbaren, in Wasser und Alkohol leicht löslichen, nicht flüchtigen Salzes $(C_{10}H_{14}N_2) \cdot H_2SO_4$ vor. Die übliche Konzentrationsangabe von 40% bezieht sich auf Nikotin, nicht auf Nikotinsulfat. Der zuerst in USA. unter der Bezeichnung „Black Leaf 40“ erfolgten Einführung des Nikotinsulfates lag der Gedanke zugrunde, Verlusten und Gesundheitsschädigungen, die während des Lagerns des leicht flüchtigen freien Nikotins eintreten können, vorzubeugen. Nikotinsulfat dient sowohl zur Bereitung von Spritzlösungen als auch zur Herstellung von Nikotinstäubemitteln. Aus Nikotinsulfat 40% bereitet man sich in USA. auch Nikotinoleat durch Vermischung des ersten mit Ölsäure (10 : 7). An Stelle der Ölsäure wurden auch Laurin- oder Caprylsäure vorgeschlagen.[1]

Tabakextrakt ist eine syrupöse, schwarzbraune Masse, die das Nikotin als apfelsaures, zitronensaures oder auch schwefelsaures Salz enthält; ein geringer Gehalt des Extraktes an freiem Nikotin ist auf nachträgliche Zugabe von Rohnikotin zwecks Erreichung einer bestimmten Konzentration zurückzuführen. Tabakextrakt enthält außer Nikotin zahlreiche andere Verbindungen, darunter Glukoside, Eiweißstoffe, Ammoniak, Zucker, Stärke, Pektinstoffe, verschiedene Salze organischer Säuren, Mineralstoffe, besonders Kalisalze. Die Konzentration des Extraktes liegt gewöhnlich zwischen 8—10%. Der erstrebte Ersatz der üblichen Konzentrationsangabe „8—10%“ durch eine genauere Bezeichnungsweise hat sich infolge des im Handel tief eingewurzelten Ausdrucks bisher nicht erreichen lassen.

### 2. Vorkommen und Gewinnung des Nikotins

In den Tabakpflanzen findet sich das Nikotin vorwiegend als apfelsaures und zitronensaures Salz. Der Nikotingehalt der Tabakpflanzen wechselt beträchtlich je nach den Sorten und ihren Wachstumsbedingungen. Unter den Nikotianaarten ist *N. rustica* besonders nikotinreich, weniger enthalten *N. tabacum*, *N. glutinosa* und *N. macrophylla*. *Nicotiana affinis* weist nur einen Nikotingehalt von 0,03—0,05% auf. Peters[2]) stellte in lufttrockenem Material Unterschiede von 1,9—8,3% fest. Koenig[3]) konnte durch Züchtung nikotinreicher, -armer und -freier Sorten *Nicotiana rustica*-Pflanzen mit 12% Nikotin im grünen Zustand erhalten.

---

[1]) de Gendre, C., E. P. 381290; Chem. Ztrbl. 1933, I, 663.

[2]) Peters, L., Über die Herstellung von nikotinhaltigen Spritzflüssigkeiten und den Anbau von Tabak für solche Zwecke. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **1**, 1921, 27.

[3]) Koenig, P., Natürlich nikotinfreie und natürlich nikotinarme Tabake. D. Nahrungsmittelrundschau 1931, 97—98; Chem. Ztrbl. 1931, II, 786; Honcamp, F., Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre 1931, II, 785.

Neben Nikotin enthält Tabak in geringen Mengen die Alkaloide Nikotein, Nikotinin, Nikotellin, Isonikotein, Nikotoin und einfachere Basen.[1]) Über die Tabakbestandteile Tabacin und Tabacol siehe Barbieri.[2])

Zur Gewinnung des Nikotins aus Tabak im Großen wird das grob zerschnittene Pflanzengut mehrere Stunden mit kaltem Wasser behandelt und die Lauge nach Erhitzen und Trennung vom Kraut eingedampft (Tabakextrakt). Bei Verarbeitung des Extraktes auf Rohnikotin versetzt man den Extrakt mit gelöschtem Kalk und treibt das Nikotin mit Wasserdampf aus. Das Destillat wird mit Säure (z. B. Oxalsäure) angesäuert, eingedampft, mit konzentrierter Lauge versetzt und das sich dabei abscheidende Nikotin abgehoben (Rohnikotin). Reines Nikotin erhält man durch Destillation des rohen Nikotins im Wasserstoffstrom oder im Vakuum. Das Ausziehen des Nikotins aus Pflanzen kann auch mit Schwefelsäure oder salzsaurem Wasser erfolgen. Hofmann[3]) beschreibt folgendes Verfahren zur Gewinnung von Nikotin: Tabakabfälle werden mit 10% $K_2CO_3$ bis 1 : 1 getränkt und mit strömendem Wasserdampf behandelt. Die Dämpfe durchstreichen eine Adsorptionsmasse, die nach Sättigung mit Äther, Petroläther oder Azeton ausgezogen wird. Nach Verjagen des Lösungsmittels werden 50—60%ige, nur gering verunreinigte Nikotinlösungen erhalten. Die Adsorptionsmasse erhält man durch Verkohlen der nikotinfreien Tabakmasse bis 700° unter Luftabschluß, Waschen mit Wasser, Austrocknen mit konz. HCl und nochmaligem Waschen mit Wasser. Sie enthält 80% C und 20% $SiO_2$. Die Herstellungsverfahren sind mehr oder weniger verschieden und werden von den Firmen geheim gehalten. Die Selbstherstellung der Nikotinbrühe durch die Verbraucher aus zerkleinerten, getrockneten Blättern ist umständlich und unsicher und wird nur noch vereinzelt geübt. Die getrockneten Tabakblätter werden dabei dreimal hintereinander je 24 Stunden lang mit der sechsfachen Menge Wasser ausgezogen und die Auszüge zusammengezogen.

Nikotin kommt als Reinnikotin, Rohnikotin (95—98%ig), Nikotinsulfat 40%, Nikotinoleat 35%, Tabakextrakt 8—10% in den Handel.

### 3. Allgemeines über die Anwendung von Nikotinmitteln

Nikotin und seine Verbindungen (Nikotinsulfat, Nikotinoleat) werden als 0,1—0,2% Nikotin enthaltende Spritzmittel[4]) zur Bekämpfung von saugenden, seltener beißenden Insekten, Spinnmilben, Thrips usw. angewandt; schwächere 0,025—0,05% Nikotin enthaltende Spritzbrühen kommen für Baumschulen und große Kulturflächen in Frage. Den Nikotin- und Nikotinsulfat- und -oleat-

---

[1]) Pictet, A., u. Rotschy, A., Über neue Alkaloide des Tabaks. Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **34**, 1901, 696—699; Noga, E., Über die Alkaloide im Tabakextrakt. Fachl. Mitt. d. öster. Tabakregie 1914; Winterstein, E., u. Trier, G., Die Alkaloide 1931, S. 338.

[2]) Barbieri, N. A., Insektizide Wirkung des Tabakols. Atti R. Acad. naz. Lincei **17**, 1933, 402; Chem. Ztrbl. 1933, II, 113.

[3]) Hofmann, R., Ein neues Verfahren zur Herstellung von Nikotin aus Tabakabfällen. Chem. Ztg. **58**, 1934, 700.

[4]) Von der sehr umfangreichen Literatur über Nikotinspritz- und -stäubemittel sei neben den zusammenfassenden Arbeiten (S. 382, Fußnote 8) nur auf folgende verwiesen: Huckett, H. C., The spray value of nicotine supplements for aphids. New York State Agric. Exp. Techn. Bull. 210; Parrott, O. J., and Glasgow, H., The efficiency of various spray and dust mixtures in controlling the rosy aphids. Journ. econ. Entom. **18**, 1925, 214—218; Smith, R.E., The preparation of nicotine dust as an insecticide. Agric. Exper. Stat. Calif. Bull. **336**, 1921; Streeter, L. A., Lead arsenate lime-sulfur and tobacco dust as a triple spray mixture. Journ. econ. Entom. **17**, 1924, 656—658; Campbell, R. E., Notes on nicotine dust progress. Journ. econ. Entom. **16**, 1923, 497—505; Ripper, W., Die Blattlausbekämpfung mit einem selbsthergestellten Nikotinstäubemittel. Die Landeskultur, Wien, **2**, 1935, 63—65; Rudolfs, W., Nicotine delivery from dust carriers. Journ. econ. Entom. **15**, 1922, 421—424; Headlee, Th. J., and Rudolfs, W., Some principles which underlie the making and use of nicotine dust. New Jersey Agric. Exper. Stat. Bull. **381**, 1923.

lösungen werden zur Steigerung der Wirksamkeit oft Hilfsstoffe (meist Seife, gelegentlich auch Spiritus, Kresole und Karbolsäure, Pyridin, Ölemulsionen, Schwefelkohlenstoff usw.) und zur gleichzeitigen Bekämpfung von Pilzkrankheiten Kupferkalk und Schwefelkalkbrühe zugesetzt. Als Stäubemittel[1]) wird Tabakstaub mit Streckmitteln angewandt oder Nikotin oder Nikotinlösungen werden einem Trägerstoff zugesetzt.

Sowohl bei den den Streckmitteln zuzusetzenden Hilfsstoffen[1]) als auch bei den Streck- und Trägerstoffen[1]) der Nikotinstäubemittel lassen sich für die Giftwirkung des Nikotins indifferente Hilfsstoffe (Wasser, Talkum, Kaolin, Kieselgur usw.), die Nikotinwirkung (Nikotinfreimachung) beschleunigende Hilfsstoffe („Aktivatoren": Seife, Kalk, Magnesiumkarbonat usw.) und die Nikotinfreimachung hemmende und damit die Wirkungsdauer verlängernde Hilfsstoffe („Stabilisatoren": kolloidale absorbierende Stoffe, Mineral- und Pflanzenöle, Fischölseifen, Holzteeröl, Ligninpech, sulfonierte Fettsäurederivate, Phenolaldehyd-Kondensationsprodukte usw.) unterscheiden. Um Nikotinmittel als Arsenersatzpräparate gegen beißende Insekten anwenden zu können, sind in den letzten Jahren neben Nikotinsulfat und Nikotinoleat weitere zum Teil neuartige Nikotinverbindungen (Nikotinchlorid[1]), -sulfit[1]), -tannat[2]), -bentonit[4]), -huminat[3]), -laktat[5]), -azetat[5]), -formiat[5]), -naphthenat[1]), Neonikotin[6]) usw.) versuchsweise angewandt worden, die eine längere Wirkungsdauer besitzen und damit eine bessere Verwendungsmöglichkeit als Fraßgift ermöglichen sollen.

Tabakreste, nikotinhaltige Pulver und Flüssigkeiten oder besondere, selbsthergestellte oder als Fertigpräparate im Handel befindliche, leicht brennbare Nikotinpräparate (nikotingetränkte Tabletten oder Papier in verschiedenster Form) werden als Räucher- oder Vergasungsmittel[7]) zur Schädlingsbekämpfung in Gewächshäusern, Frühbeetkästen, Champignonkellern usw. ver-

---

[1]) Savchenko, E. N., und Mokrzhizkaya, E. N., Die insektiziden Eigenschaften des Nikotinsulfits im Vergleich mit einigen anderen Nikotinpräparaten (Russisch mit deutschem Resumé). Nach Rev. appl. Ent. **24**, A, 1936, 50.

[2]) Raucourt, M., Nouveaux antiparasitaires. Chemie et Industrie **35**, 1936, 1263—1275; Dufrenoy, J., Notes sur le traitement des arbres fruitiers aux Etats-Unis. Rev. Zool. agric. et appl. **5**, 1933, 77—89.

[3]) Markwood, L. N., Nicotine Peat, a new insoluble insecticide. Ind. and Engin. Chemistry **28**, 1936, 561—563; ders., A new water-soluble nicotine insecticide: Nicotine humate. Ind. and Engin. Chemistry **28**, 1936, 648—649; ders., Semicommercial Manufacture of Nicotine Peat. Journ. econ. Entom. **30**, 1937, 648—651.

[4]) Harmann, S. W., Reed, A. H., and Mack, G. L., The insecticidal efficiency of various nicotine compounds for control of the codling moth 1934. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 109—112; Chapman, P. I., and Dean, R. W., Further stüdies of larvicides to control fruit tree leaf roller. With special reference to lead arsenate and supplements. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 561—570; Moore, W., Persistance of toxicity of nicotine bentonite on apples. Ebenda **29**, 1936, 590—594; Driggers, B. F., Codling moth experiments in New Jersey in 1935. Ebenda **29**, 1936, 369—378.

[5]) Ungar. Patent: G 7995/35 vom 6. 8. 1935.

[6]) Smith, C. R., Richardson, C. H., and Shepard, H. H., Neonicotine and certain other derivates of the Dipyridyls as insecticides. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 863—867.

[7]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927; ders., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugblatt Nr. 104/108 der Biol. Reichsanst. II. Aufl. 1933; Ohlmer, W., Das Räuchern. Die Gartenwelt **21**, 1917, 39; Anderson, O. G., and Roth, F. C., Insecticides

wandt. Beim langsamen Verschwelen der brennenden festen nikotinhaltigen Mittel wird, oft neben anderen, leicht pflanzenschädigenden Verbrennungsprodukten, Nikotin frei, während die Nikotin, Nikotinsulfat, -salizylat, -tartrat, -oxalat usw. enthaltenden Flüssigkeiten entweder über offener Flamme in Schalen oder in besonderen Verdampfungsgeräten verdunsten. Es ist verschiedentlich auch versucht worden, durch Abbrennen von Tabakabfällen oder mit Hilfe von Schweltöpfen oder sonstigen Nikotinvergasungsgeräten Nikotindämpfe im Freiland zur Abschreckung eierlegender Weibchen von Schädlingen oder zur Schädlingsvernichtung anzuwenden.[1]) Soweit diese Versuche unter Zelten angewandt wurden, sollen sie gute Ergebnisse gehabt haben; frei entwickelte Nikotindämpfe unterliegen zu sehr den Windeinflüssen, als daß ausreichende Konzentrationen erreicht und gehalten werden könnten. Auf die Versuche, Nikotindämpfe zur Vorratsschädlingsbekämpfung in Speichern[2]) zu verwenden, sei nur hingewiesen.

5. Chemisch-Physiologisches zur Anwendung und Wirkung des Nikotins

Synthetisches[3]), rechtsdrehendes Nikotin und α-Nikotin sind weniger giftig als das natürliche l-Nikotin.[4]) Das isomere, synthetisch zu gewinnende α-Nikotin (Nornikotin[5])) erreicht ebenfalls nicht die Wirkung des Nikotins. Synthese und physiologische Wirkung der Nikotyrine beschrieb Wibaut.[6]) Die durch Oxydation aus Nikotin entstehenden Produkte zeigen keine pharmakologische Wirkung mehr.[7])

---

and fungicides. New York 1923; Bourcart, E., Insecticides, fungicides and weedkillers. London 1913; Herrick, G. W., and Griswold, G. H., The Fumigation of greenhouse to detroy insect pests. Corn. Univ. Agr. Exp. Stat. Bull. **474**, 1929; v. d. Brock, M., u. Schenk, P. J., Ziekten en beschadigingen der tuintouwgewassen. 4. Aufl. 1925, II. Bd., S. 242; Matzner, E., Neuzeitliche Schädlingsbekämpfung in Gewächshäusern. Die Gartenwelt **33**, 1929, 29.

[1]) Smith, R. H., and Persing, C. O., Further report on nicotine vapor in codling moth control. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 971—975; Smith, R. H., Meyer, H. U., and Persing, C. O., The nicotine vaporizer a devise for utilizing nicotine in the control of insect pests. Science N. Y., 1935, 296—297.

[2]) D. R. P. 151039 vom 27. 10. 1932 (14. Juli 1931); vgl. auch Mitteilung von Baumgartner über Nikotinvergasung. Deutscher Müller **55**, 1935, 238.

[3]) Craig, L. C., (Eine neue Synthese von Nornikotin und Nikotin.) J. Am. Chem. Soc. **55**, 1933, 2854—2857; Chem. Ztrbl. 1933, II, 2989; Starr, D., and Richardson, C., Toxicity of dextro- and levo-alphapara tolylpyrrolidine to *aphis rumicis L.* Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 214—215.

[4]) Pictet, A., u. Rotschy, A., Synthese des Nikotins. Ber. d. D. chem. Ges. **37**, 1904, 1225—1235; Craig, L. C., u. Richardson, C. H., (Insektizide Wirkung von heterozyklischen Stickstoffverbindungen.) Jowa State Coll. J. Sci. **7**, 1933, 477—485; Chem. Ztrbl. 1933, II, 2445.

[5]) Craig, L. C., (Synthese von α-Nikotin und α-Nornikotin.) J. Am. chem. Soc. **56**, 1934, 1144—1147; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1306; Wibaut, J. P., u. Oosterhuis, A. G., (Die Synthese des α-Nikotins.) Rec. Trav. chim. Pays-Bas. **52** ((4), **14**), 1933, 941—944; Chem. Ztrbl. 1934, II, 780; Macht, D. I., u. Davis, M. E., (Toxizität von α-Nikotinen und Nornikotinen und Prüfung nach chemopharmakodynamischen Verwandtschaften). Journ. Pharm. exp. Therapeutics **50**, 1934, 93—99; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1331.

[6]) Wibaut, J. P., Synthetische Untersuchungen in der Nikotingruppe. Naturwetensch. Tijdschr. **16**, 1934, 106—111; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2536.

[7]) Gant, V. A., (Untersuchung der Wirkung ultravioletter Strahlen auf Nikotin.) J. Pharm. exp. Therapeut. **49**, 1933, 408—427; Chem. Ztrbl. 1934, I, 3214.

Während freies Nikotin schnell verdunstet, erfolgt die Entwicklung des Nikotins aus Salzen, wie Nikotinsulfat, Nikotinoleat und Tabakextrakt, mehr oder weniger langsam, je nachdem weniger oder mehr Stoffe zugegen sind, die Nikotin aus seinen Verbindungen in Freiheit setzen. Dazu gehören der in Kupferkalkbrühen und Arsenbrühen vorhandene Kalk, die in Seife, im Wasser, im Tau vorhandenen Karbonate, ferner Schmierseife und auch freie Kohlensäure. Ein kleiner Teil des Nikotins gelangt infolge Bindung durch Pflanzenstoffe nicht zur Verdunstung. Nach Worthley[1]) sind zur Entbindung des Nikotins aus 1 ccm 40% Nikotinsulfat 0,4 ccm Ammoniak (10%) oder 0,4 g Ammoniumkarbonat oder 0,34 g Kristallsoda (entsprechend 0,136 g $Na_2CO_3$) oder 0,08 g NaOH oder 1,1 ccm Schmierseife nötig. Tröpfchen von 1%iger Nikotinsulfatlösung auf Glasplatten mit den doppelten Mengen der nötigen Nikotinentbindungsstoffe entwickelten Nikotin in %:

| | nach $4^h$ | nach $8^h$ | nach $24^h$ | nach $48^h$ |
|---|---|---|---|---|
| ohne Zusatz | 12—15 | 17 | 29—30 | 35 |
| mit Soda | 61—92 | 100 | — | — |
| mit NaOH | 35 | — | 100 | — |
| mit Seife | 34 | — | 69 | 77 |
| mit Kupferkalkbrühe | 73 | 94 | 97 | — |
| mit Schwefelkalkbrühe | 27 | 71 | 71 | — |

Von Schwefelkalkbrühe wird anscheinend ein beträchtlicher Teil des Nikotins gebunden. Mit ähnlichen Lösungen behandelte Blattläuse gaben nach 24 Stunden ohne Zusatz: 78%, mit Soda: 94%, mit Seife: 95% Tote; mit Schwefelkalkbrühe: 88%, mit Schwefelkalkbrühe und einem Zusatz von Soda: 97% Tote. Nach Worthley sind Nikotinsulfatlösungen mit 0,04% Nikotin und 0,08% Seife, ferner mit 0,08% Nikotin und weiter Schwefelkalkbrühen mit 0,05% Nikotin und 0,5% Soda einander gleichwertig. Auch durch Kasein kann Nikotin zeitweise ungiftig werden. 1 g Kasein vermag 0,086 g Nikotin zu binden.[2])

Aus Worthleys Angabe, daß bei Behandlung von Kürbisrankenbohrereiern (squashvine borer) eine Nikotinsulfatlösung 1 : 500 mit Sodazusatz vollständig, anscheinend wohl wegen zu schneller Verdunstung des Nikotins, versagte, und daß bei Zusatz von Seife 80% abgetötet wurden, geht hervor, daß die ovizide Wirksamkeit des Nikotins bei allzu schneller Verdunstung sehr gering sein kann.

Hilfsstoffe, die die Wirkungsdauer der Nikotinmittel verlängern und dadurch eine Anwendung als Fraßgift (als Arsenersatz) ermöglichen sollen, sind raffiniertes Mineralöl (0,5—1%), Kaseinat, Tannin und Aluminiumsulfat. Seife kommt danach infolge ihres Nikotin spaltenden Vermögens ein beschleunigender und zugleich infolge ihrer nikotinbindenden Eigenschaft ein verzögernder Einfluß auf die Verdunstung des Nikotins zu. Nikotintannatbrühen mit 0,06% Nikotin

[1]) Worthley, H. N., Reducing the cost of nicotine sulphate sprays. Journ. econ. Entom. **20**, 1927, 615.

[2]) Jaitschnikow, I. S., Über die Wechselwirkung zwischen Kasein und Nikotin. Bioch. Ztschr. **259**, 1933, 381.

und 0,24% Tannin zeigten bei Versuchen Moores[1]) im Vergleich zu Bleiarsenbrühen die größere Wirksamkeit, die noch nach 21 Tagen zu beobachten war. Auch Headler, Ginsburg und Filmer[2]) stellten langdauernde Wirkung 0,006% Nikotin und 0,3% Tannin enthaltender Nikotintannatbrühen fest, die sie sich aus Nikotinsulfat und Tannin bereiteten. Wieweit dabei Tannin selbst die Rolle des Insektizides übernahm, blieb ungeklärt. Driggers und Pepper[3]) stellen Nikotintannat durch Mischen von 1 pint[4]) freiem Nikotin (50%) und 3 pint flüssiger Gerbsäure (50%) mit 100 gal. Wasser her. Die Haftfähigkeit und Dauerwirkung erhöht sich durch Kombination mit Bentonit-Schwefel. Tanninüberschuß kann schädigend wirken.[5]) Eine Verwendung von Nikotin und Schmierseife mit Kupferkalkbrühe in den üblichen Mengen wirkt nach Zillig[6]) nicht reifeverzögernd.

Nach Rodrian[7]) ist die eventuelle Reifeverzögerung bei der Benutzung von Nikotin-Seifenemulsionen nicht auf Nikotin, sondern auf fehlerhafte Seife zurückzuführen. Da Nikotinsalze, wie Nikotinsulfat, Nikotinoleat, Tabakextrakt, sich mit basischen Stoffen unter Bildung freien Nikotins und indifferenter Salze umsetzen, ist anzunehmen, daß in Brühen mit Kalzium- oder Bleiarsenat und Nikotinsalzen ein Teil des Arsenats durch Wechselwirkung mit dem Nikotinsalz einen mehr sauren für Pflanzen nachteiligen Charakter erhält. Bei Bereitung derartiger Brühen wäre somit Rohnikotin Nikotinsalzen wohl vorzuziehen. Mit der Kombination Nikotin-Mineralöl lassen sich viele wichtige Schädlinge sicherer bekämpfen als mit den Komponenten allein.[8]) Besonders als Ersatz für Arsenmittel für späte Spritzungen ist diese Kombination empfehlenswert.[9])

Als Trägerstoffe für Nikotinstäubemittel benutzt man Kalkhydrat, Kalzium- und Magnesiumkarbonat, Kaolin, Kieselgur, Schwefel, auch Bleiarsenat und Kupferkalkpulver. Aus schwefelhaltigen Nikotinstäubemitteln sollen besonders wirksame Verbindungen des Nikotins mit Schwefel entstehen.[10]) Karbonate zerlegen auch in Stäubemitteln Nikotinsulfat in seine Komponenten. Kieselgur

---

[1]) Moore, W., Comparison between nicotine tannate and arsenate of lead as codling moth poison. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 654.

[2]) Headlee, Th., Ginsburg, J. M., and Filmer, R. S., Some substitutes for arsenic in control of codling moth. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 45.

[3]) Driggers, B. F., and Pepper, B. B., Bentonite compounds as agents for the retention of nicotine on apple foliage and fruit in codling moth control. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 432—440.

[4]) pint = 0,472 l.

[5]) Driggers, B. F., Fruit injury on apple following nicotine tannate sprays. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1137—1139.

[6]) Zillig, H., Ein Zusatz von Nikotinschmierseife zu Kupferkalkbrühe in den üblichen Mengen wirkt nicht reifeverzögernd. Weinbau u. Kellerwirtschaft **11**, 1932, 59—64.

[7]) Rodrian, Die Rebenentwicklung, das Auftreten und die Bekämpfung der Rebschädlinge im hessischen Weinbaugebiet. Wein und Rebe **11**, 1929, 109—133; Chem. Ztrbl. 1929, II, 2718.

[8]) Herbert, F. B., History of the oil and nicotine combination. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 991—997.

[9]) Webster, R. L., The Status of codling moth control with insecticides. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 134—139.

[10]) Smith, R. E., The preparation of nicotine dust as an insecticide. Agric. Exp. Stat. Barkeley Calif. Bull **336**, 1921, 261—274.

steht infolge seines $CaCO_3$- und $MgCO_3$-Gehaltes den Karbonaten in dieser Richtung nicht nach. Indifferente Füllmittel halten das Nikotin mehr oder weniger fest; z. B. ist Bentonit, ein in USA. im Pflanzenschutz verschiedentlich benutztes, stark plastisches, tonartiges Material, wegen zu hartnäckiger Bindung des Nikotinsulfats als Träger hierfür ungeeignet.[1] Vorbedingung für die Brauchbarkeit der Nikotinstäubemittel ist ihre sachgemäße Aufbewahrung in festgeschlossenen, am besten metallenen Packungen. Zutritt von Feuchtigkeit während des Lagerns der Präparate vermindert ihren Wert. In Amerika benutzt man Stäubeapparate, die Trägerstoffe und Nikotinsulfat erst kurz vor dem Bestäuben vermischen.

Tabakstaub, ein Abfallprodukt der Tabakindustrie mit einem Durchschnittsgehalt von 1% Nikotin, benutzt man ebenfalls für sich oder gemischt mit Kalkhydrat als Stäubemittel. Feine Tabakpulver sind wegen leichten Zutrittes von Feuchtigkeit zu den Nikotinverbindungen und alkalischen Bestandteilen der Pulver besonders wirksam.

Zahlreiche nikotinhaltige Spezialitäten befinden sich im freien Handel. Sie enthalten neben Nikotin meistens noch andere Stoffe wie Pyridin, Quassia, Schwefelverbindungen, Mineralöle, Pflanzenöle und Benetzungsmittel, wie Seife, Spiritus, ferner auch Karbonate und Kalk. Flüssige Nikotinseifenpräparate müssen vor Luftzutritt geschützt werden, da sonst unlösliche Kondensationsprodukte gebildet werden, die den Nikotingehalt der Präparate herabsetzen.[2] Zur Erhöhung der Nikotinwirkung werden den Präparaten zuweilen auch die sauren Charakter zeigenden Phenole zugesetzt.

### 5. Die Giftwirkung des Nikotins

Nikotin ist eines der stärksten Gifte und wirkt als Ätzgift und als Nervengift.

Auf Menschen und Haustiere wirkt es schon in kleinsten Dosen tödlich.[3] Hunde und Katzen gingen innerhalb von wenigen Minuten bis zu einer Stunde ein, wenn ihnen 2—4 Tropfen Nikotin auf die Zunge gebracht wurden. Bei Vögeln soll das Berühren des Schnabels mit einem in Nikotin getauchten Glasstab genügen. Für den Menschen wird die letale Dosis mit 1 mg je 1 kg Körpergewicht angenommen. In der Literatur sind eine große Zahl von Vergiftungsfällen aufgeführt, bei denen Mord- und Selbstmordabsichten, Verwechslungen, Verschütten auf Kleider und damit Resorption durch die Haut, zu starker Tabakgenuß, falsche Anwendung von Tabakabkochungen und Tabakpulver zu Klistieren und Spülungen, Hautbehandlungen (Räude- und Hautparasiten bei Tieren, Favus bei Kindern) usw. die Ursachen waren.[4] Wenn auch bei sach-

[1] Streeter, L. R., Bentonite as a dust carrier for nicotine. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 234—235.

[2] Mc. Donnell, C. C., and Graham, J. J. T., Deterioration of soap-nicotine praparations. Ind. and Engin. Chemistry **21**, 1929, 70—73.

[3] Lewin, L., Gifte und Vergiftungen. Berlin 1929; Fröhner, E., Lehrbuch der Toxikologie für Tierärzte. Stuttgart 1927.

[4] Esser, A., u. Kuhn, A., Die tödlichen Nikotinvergiftungen und ihre Zunahme seit Einführung nikotinhaltiger Schädlingsbekämpfungsmittel. Dtsch. Ztschr. f. d. ges. Medizin **21**, 1933, 305—324; dies., Akute Nikotinvergiftungen. Sammlung von Vergiftungsfällen **4**, 1933, 29—36; Sy, M., Die Gefährdung von Mensch und Nutztier durch Pflanzenschutzmittel. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten **48**, 1938, 1—17.

gemäßer Anwendung nikotinhaltiger Schädlingsbekämpfungsmittel keine Gefahr für den Menschen besteht, so mahnen alle diese Fälle doch zur größten Vorsicht. Es ist dabei zu beachten, daß Nikotin nicht nur als Dampf eingeatmet oder per os genommen sehr giftig ist, sondern auch in starkem Maße durch die intakte Haut aufgenommen wird.[1])

Das Krankheitsbild der Nikotinvergiftung zeigt Würgen, Erbrechen, Speichelfluß, Schweißausbruch, Kopf- und Leibschmerzen, Muskelschwäche, Sehstörungen, Lähmung, Krämpfe, Atemnot (durch Vaguslähmung), Tod (durch Herzlähmung). Als Gegengabe werden nikotinbindende Mittel (Tannin, Jodjodkalium) gegeben, doch tritt der Tod bei ausreichenden Gaben schon nach wenigen Minuten bis Stunden ein.

Bei aller Giftigkeit der Nikotinpräparate für den Menschen ist ihre Anwendung im Pflanzenschutz bei sachgemäßer Durchführung der Bekämpfung doch gefahrlos, da sie flüchtig und leicht von Regen abwaschbar sind, keine giftigen Rückstände hinterlassen und daher selbst an Gemüse und Obst angewendet werden können. Große Vorsicht ist bei der Anwendung der Spritz- und besonders der Stäubemittel zu beachten, insofern als der die Behandlung durchführende Arbeiter nicht gerade vom Spritzkegel oder von der Staubwolke getroffen wird. Der stechende Geruch und der abstoßende Geschmack sowie die vielen Präparaten eigene dunkle Farbe sichern schon weitgehend vor Verwechslungen.

Auf die Schädlinge (Insekten) wirken Nikotinmittel in erster Linie als freies Nikotin, also als Atemgift.[2]) Je schneller das Nikotin aus den Spritz- und Stäubemitteln frei wird, um so besser ist die Wirkung. Niedere Temperatur, Tau und Regen, insbesondere der Wind setzen die Wirkung stark herab und machen eine Anwendung oft unmöglich. Nikotinhaltige Stäubemittel, die das Nikotin stets langsamer freigeben als Spritzmittel, versagen daher oft im Freiland. Man hat diesem Übelstand dadurch abgeholfen, daß man an den langsam fahrenden Motorverstäuber einen Kasten mit langem Schlepptuch anbrachte, unter dem die Staubwolke längere Zeit zusammengehalten und damit eine ausreichende Nikotinkonzentration erreicht wurde.[3])

Soweit das Nikotin nicht verdampft ist oder sogar durch „Stabilisatoren" gebunden ist, kommt den Nikotinpräparaten auch eine Magengiftwirkung zu.[4])

---

[1]) Faulkner, J. M., Nicotine poisoning by absorption through the skin. Journ. amer. Med. Assoc. **100**, 1933, 1664—1665.

[2]) Rudolfs, W., Nicotine delivery from dust carriers. Journ. econ. Entom. **15**, 1922, 421; Mc. Indoo, N. E., Effects of nicotine as an insecticide. Journ. agric. Res. **7**, 1916, 89—122; de Ong, E. R., The relation between the volatility and toxicity of nicotine in sprays and dusts. Journ. econ. Entom. **16**, 1923, 486—493; Streeter, L. R., Influence of temperature and humidity upon the volatilisation of nicotine from Tobacco dust-lime hydrate mixtures. Journ. econ. Entom. **18**, 1925, 590—593.

[3]) Smith, R. E., and Martin, J. P., A self-mixing dusting machine for applying dry insecticides and fungicides. Cal. Agric. Exper. Stat. Bull. **357**, 1913; Ripper, W., Die feldmäßige Bekämpfung der Rübenblattlaus. Neuheit. a. d. Gebiete des Pflanzenschutzes 1934.

[4]) Lovett, A. L., Nicotine sulphate as a stomach poison for insects. Journ. econ. Entom. **10**, 1917, 333—373.

Auch eine Kontaktgiftwirkung wird auf Grund der Ergebnisse neuerer Arbeiten[1]), nach denen ein Eindringen lipoidlöslicher oder gasförmiger Stoffe durch die Kutikula der Insekten möglich ist, für Nikotin angenommen.[2])

Giftwirkungen von Nikotinmitteln auf die behandelten Pflanzen sind, abgesehen von sehr empfindlichen Pflanzen oder gerade in Blüte stehenden Zierpflanzen (Farbumschlag der Blütenfarbe), kaum zu befürchten, soweit es sich um Spritz- und Stäubemittel handelt und soweit nicht andere Zusätze Blattverbrennungen verursachen. Anders ist es bei den Nikotinräucherungen, gegen welche Warmhauspflanzen[3]) meist empfindlicher sind als Kalthauspflanzen. Schädigungen durch Nikotinräuchermittel sind beobachtet worden an Orchideen, empfindlichen Farnen *(Adiantum)*, Astilben, Gesnericaeen, Asparagus, Myosotis und Tomaten. Marktfähige Schnittblumen sind daher vor der Nikotinräucherung zu schneiden und zu entfernen. Die Häuser sind schon vor der Räucherung, die abends beginnt, nicht zu gießen und nicht zu feucht zu halten. Beräucherte Häuser sind am nächsten Tage schattiert zu halten.

### 6. Stickstofffreie Drogen (Derris, Cubé, Pyrethrum, Quassia, Scilla)

Unter den stickstofffreien Drogen des Pflanzenschutzes sind Derris und Pyrethrum die wichtigsten. Obwohl ihre wirksamen Bestandteile chemisch außerordentlich verschieden voneinander sind, haben sie in ihrer Wirkungs- und Anwendungsart untereinander und mit Quassia viel Gemeinsames. Vor den sehr giftigen Arsen- und Nikotinmitteln haben sie den großen Vorzug, bei sachgemäßer Anwendung weitgehende Ungefährlichkeit für Menschen und Nutztiere zu besitzen, vor den Arsenmitteln dazu noch den Vorteil sicherer Vermeidbarkeit von Pflanzenbeschädigungen bei Spritzungen auf die Blätter. Da sie aber durch große Zersetzlichkeit nach der Spritzung oder Verstäubung ausgezeichnet sind, besitzen sie keine Dauerwirkung. Schon aus diesem Grunde werden sie kaum jemals die als Fraßgifte über längere Zeiträume wirkenden Arsenmittel völlig verdrängen können. Sie scheinen aber dazu berufen, die anorganischen Gifte in wertvoller Weise und sicherlich vorläufig noch zunehmendem Maße zu ergänzen. Für späteste Spritzungen in der Tafeltraubenzucht ist beispielsweise Pyrethrum sehr erwünscht.

---

[1]) Morozov, S. F., The penetration of contact insecticides. I. Methods of investigation and general properties of the cuticle with regard to its permeability. Plant. Protection **6**, 1935, 38—58; Umbach, W., Untersuchungen über die Wirkungsweise der Kontaktgifte. Mitt. aus Forstwirtsch. und Forstwissensch. **5**, 1934, 216—218; Glover, L. H., and Richardson, C. H., The penetration of gaseous pyridine, piperidine and nicotine into the body of the American cockroach, Periplaneta americana. Iowa Stat. Coll. Journ. Sci. **10**, 1936, 249—260; Klinger, H., Die insektizide Wirkung der Pyrethrum- und Derrisgifte und ihre Abhängigkeit vom Insektenkörper. Arb. phys. angew. Entom. Berlin-Dahlem **3**, 1936, Nr. 1, 49—151.

[2]) Shepard, H. H., and Richardson, C. H., A method of determining the relative toxicity of contact insecticides, with special reference to the action of nicotine against *Aphis rumicis*. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 905—914; Kaduhusa, M., (Über die Wirkung des Nikotinsulfates auf die Embryonalentwicklung von *Chilo simplex Butler*.) Bull. Imp. Agric. Exp. Stat. Japan **3**, 225—242 (Ref. Neuheit. a. d. Gebiete d. Pflanzenschutzes 1932, Nr. 5 u. 6).

[3]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Flugblatt Nr. 104/108 der Biol. Reichsanst. 2. Aufl. 1933.

Zur Frage der organischen Insektizide als Arsenersatz liegt eine sehr umfangreiche Literatur vor, die unter anderen in neueren Zusammenfassungen[1]) von Roark, Gnadinger, Martin, Sprengel, Heil und Klinger übersichtlich behandelt wurde. Die Bedeutung, die man besonders den neuen pyrethrum- und derrishaltigen Bekämpfungsmitteln beimißt, ergibt sich aus dem Verbrauch dieser Mittel in USA.[2]) im Jahre 1934:

10000000 Pfund Pyrethrum,
1000000 Pfund Derris,
500000 Pfund Cubé.

Oft ist das Verhältnis der insektiziden Wirkung von Pyrethrum und Derris zueinander untersucht und erörtert worden, wobei man gelegentlich zum Vergleich auch noch Nikotin und Bleiarsenat in die Prüfung einbezog. Aus den Ergebnissen der verschiedenen Autoren ist der Schluß zu ziehen, daß die einzelnen Insekten außerordentlich verschieden auf die beiden Gifte reagieren. Für die einen ist Pyrethrum toxischer als Derris, für andere gilt das Umgekehrte. Eine größere Wirksamkeit des Pyrethrums fanden z. B. Hamilton und Gemmell[3]) bei *Aphis spiraecola*, *Brevicoryne brassicae L.*, *Periphyllus lyropictus Kess.*, Ginsburg und Schmitt[4]) bei Bienen, Walker und Anderson[5]) bei Kruzifereninsekten, Trappmann und Nitsche[6]) bei verschiedenen Raupen. Derris hingegen wirksamer fanden Hamilton und Gemmell bei Kohlweißlingsraupen, Ginsburg und Schmitt bei Aphiden.

Bei der Bekämpfung der Fliegenplage geht man in letzter Zeit von den Petroleumspritzmitteln zur Kombination von Derris und Pyrethrum über, weil Pyrethrine wirksamer in der Betäubung, Derris in der Tötung der Fliegen ist.[7])

---

[1]) Roark, R. C., A digest of the literature of Derris *(Deguelia)* species used as insecticides 1747—1931. U. S. Dept. Agric. Misc. Publ. 120, Wash. 1932; Gnadinger, C. B., Pyrethrum-Flowers, McLaughlin Gormley King Co. Minneapolis, Minnesota 1933; Martin, H., The scientific principles of Plant protection. Edw. Canold & Co., London 1936; Sprengel, L., Gegenwärtiger Stand der Kenntnisse über Pyrethrum als Insektengift. Anz. f. Schädlingskunde **10**, 1934, 1—7, 14—21, 111—116; Heil, K. H., Zur Frage des Ersatzes der Arsenmittel im Pflanzenschutz. Anz. f. Schädlingskunde. **13**, 1937, 96—101; Klinger, H., Die insektizide Wirkung der Pyrethrum- und Derrisgifte und ihre Abhängigkeit vom Insektenkörper. Arb. phys. angew. Ent. Berlin-Dahlem. Bd. 3, 1936, 49—69, 115—151.

[2]) Roark, R. C., Insecticides and fungicides. Ind. and Engin. Chemistry **27**, 1935, 530.

[3]) Hamilton, C. C., and Gemmell, L. G., Some field tests showing the comparative efficiency of derris, pyrethrum and hellebore powders on different insects. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 446—453.

[4]) Ginsburg, J. M., and Schmitt, J. B., A comparison between rotenone and pyrethrines as contact insecticides. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 918—922.

[5]) Walker, H. G., and Anderson, L. D., Notes on the use of derris and pyrethrum dusts for the control of certain insects attacking cruciferous crops. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 388—393.

[6]) Trappmann, W., u. Nitsche, G., Beiträge zur Giftwirkung von Rotenon und Pyrethrinen auf verschiedene Insekten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **15**, 1935, 6—7.

[7]) Campbell, F. L., Sullivan, W. N., u. Howard, A. J., (Derris in Zerstäubungsmitteln gegen Fliegen. II. Petroleumextrakte von Derriswurzeln als Hauszerstäubungsmittel gegen Fliegen. Vergleichende Versuche mit Derris- und Pyrethrumextrakten.) Soap **10**, 1934, Nr. 4, 83; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3667.

Auch sonst scheint man sich von der Kombination Derris-Pyrethrum Vorteile zu versprechen. Pyrethrum wirkt rascher, während Derris durch größere Beständigkeit des Giftbelages überlegen erscheint.[1]) Nach Badertscher und Wotherspoon[2]) sind Derrispulver an Luft und Sonne doppelt so haltbar wie Pyrethrumpulver.

#### α) Derris-Giftstoffe

##### 1. Bedeutung der Derrisgiftstoffe

Als Ersatz für Arsenmittel hat man sich in den letzten Jahren sehr mit Pflanzen der Familie der Leguminosen (Papilionaceen) beschäftigt, deren wichtigste neben *Lonchocarpus- (Cubé)* und *Tephrosia- (Cracca-)* Arten die *Derris (Deguelia) elliptica* (tuba-root) ist. Wegen ihres hohen Gehaltes an Rotenon und rotenon-verwandten Giftstoffen wurde diese Pflanze von Eingeborenen des Malayischen Archipels schon immer als Fisch- und Pfeilgift benutzt. Nachdem den aus diesen Pflanzen gewonnenen Pulvern und Extrakten auch eine insektizide Wirkung nachgewiesen war, hat sich die mit der Kultur, der Verarbeitung und Anwendung der Pflanzen beschäftigende Fachliteratur unübersehbar gesteigert (vgl. Bibliographie von Roark, S. 505). Ob die Derrispräparate die an sie gestellten Erwartungen erfüllen, hängt davon ab, ob es gelingt, den Arsenmitteln völlig gleichwertige Derrismittel herzustellen.

Welche Bedeutung den Rotenonmitteln beigemessen wird, ersieht man aus dem Wettbewerb, in welchen die Erzeugerländer[3]) eingetreten sind. Die jährliche Erzeugung betrug in Tonnen:

| Jahr | Cubéwurzel aus Peru | Derriswurzel | |
|---|---|---|---|
| | | aus Malakka | aus Niederl.-Indien |
| 1931 | 2 | 100 | 12 1/2 |
| 1933 | 10 | 652 1/2 | 20 |
| 1934 | 255 | 612 1/2 | 143 |

Im Jahre 1935 konnte Peru seine Erzeugung an Cubéwurzeln auf 440 t steigern. Von der Ausfuhr aus den Malayen-Staaten gingen 1932 nach England: 40%, nach Japan: 20% und nach USA.: 24%.

##### 2. Chemie der Derrisgiftstoffe

Als wirksame Substanz sah man anfangs eine nicht kristallisierende, mit Äther ausziehbare, harzartige, Derrid genannte Masse an, später das Rotenon, welches jedenfalls der am leichtesten in reiner Form zu isolierende Inhaltstoff der Derriswurzel ist.

Rotenon, Tubain, Tubatoxin, $C_{23}H_{22}O_6$ kristallisiert gut (z. B. aus Alkohol), ist in Wasser fast unlöslich, wenig löslich in Petroleumkohlenwasserstoffen,

[1]) Vgl. Hamilton, C. C., and Gemmell, L. G., S. 505, Fußnote 3.

[2]) Badertscher, A. E., und Wotherspoon, R., (Derris- und Pyrethrumpulver.) Soap **11**, 1935, Nr. 4, 87—89, 111—112; Chem. Ztrbl. 1935, II, 109.

[3]) Eildienst für Außenhandel u. Auslandswirtschaft Berlin vom 12. 2. 1936.

Äther und Alkohol, besser in Azeton und Benzol, besonders reichlich in Chloroform. Smp. 163° (über ein bei 183° schmelzendes Rotenon vgl. Cahn[1]), $[\alpha]_D^{20}$ in Benzol = — 233°. Die Löslichkeit und spezifische Drehung des Rotenons in 21 organischen Lösungsmitteln haben Jones und Smith[2]) festgestellt. Zahlreiche Derivate und Abbauprodukte des Rotenons sind bei der intensiven chemischen Bearbeitung des Stoffes erhalten worden; die meisten davon scheinen physiologisch wenig oder nicht wirksam zu sein. Die Synthese des Rotenons ist bisher nicht gelungen[3]), aller Wahrscheinlichkeit nach auch höchstens in kleinen Mengen, wenn überhaupt, möglich und jedenfalls praktisch nicht lohnend.

In Derris- und Cubé-Wurzeln fand man noch eine Reihe weiterer dem Rotenon nahestehender Verbindungen, von denen diejenigen hier genannt seien, die wohl als regelmäßige oder häufige Bestandteile der Derris anzusehen sind.

Deguelin, $C_{23}H_{22}O_6$, also isomer mit Rotenon, farblos, Smp. 171°, $[\alpha]_D$ = — 23,2° in Benzol, ist meist in reichlicher Menge, aber sehr schwer in reinem Zustande aus Derris zu erhalten. Da die Verbindung nur durch intensive Alkalibehandlung isoliert weren kann, scheint sie in freiem Zustand gar nicht in der Wurzel vorzuliegen.[4])

Tephrosin, $C_{23}H_{22}O_7$, ein Oxydeguelin, farblos, Smp. 197—198°[5]); reichlich in *Tephrosia Vogelii Hook.* enthalten.[6])

Isotephrosin, $C_{23}H_{22}O_7$, ein isomeres Oxydeguelin, farblos, Smp. 252°, anscheinend kein ständiger Begleiter des Rotenons.[7])

Toxicarol, $C_{23}H_{22}O_7$, gelb, Smp. 218—220°, optisch inaktiv, nach Cahn und Boam allerdings erst bei der Aufarbeitung von Derrisharz entstehend, frei oder als Ester nicht im Derrisharz vorhanden.[8])

Dehydrorotenon, $C_{23}H_{20}O_6$, gelbe Nadeln, Smp. 218°, teils als natürlicher Rotenonbegleiter, teils als Kunstprodukt angesehen.[9])

---

[1]) Cahn, R. S., (Dimorphismus des Rotenons.) Journ. Chem. Soc. **1934**, 1129; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3260.

[2]) Jones, H. A., and Smith, C. M., The solubility of rotenone. 1. Solubility and optical rotation in certain organic solevents at 20°. Journ. Am. Chem. Soc. **52**, 1930, 2554—2562.

[3]) Vgl. Robertson, A., u. Mitarbeiter. (Versuche über die Synthese des Rotenons und seiner Derivate. I—XII. (XII): Journ. Chem. Soc. **1937**, 279—285.

[4]) Clark, E. P., Degueline 1, 2, 3. Journ. Am. chem. Soc. **53**, 1931, 313—317, 2369—2373, 3431—3436.

[5]) Clark, E. P., Tephrosine. 1. The composition of Tephrosine and its relation to Degueline. Journ. Am. Chem. Soc. **53**, 1931, 729—732; Clark, E. P., and Claborn, H. V., Tephrosine. 2. Isotephrosine. **54**, 1932, 4454—4456; A relation between Rotenone, Deguelin and Tephrosin. Science **73**, 1931, 17—18.

[6]) Hanriot, M., (Über die aktiven Substanzen der *Tephrosia Vogelii*. Über die Wirkungsart des Tephrosins.) Comptes rendus **144**, 1907, 150 u. 498; Chem. Ztrbl. 1907, I, 646 u. 1345; Whorsley, R. R. Le G., The insecticidal properties of some East African plants. I. [Tephrosia.] Ann. appl. Biol. **21**, 1934, 649—669.

[7]) Clark, E. P., and Claborn, H. V., Tephrosine. 2. Isotephrosine. Journ. Am. chem. Soc. **54**, 1932, 4454—4456.

[8]) Clark, E. P., Toxicarol. A constituent of the South American fish poison Cracca *(Tephrosia toxicaria)*. Journ. Am. chem. Soc. **52**, 1930, 2461—2464; ders., Toxicarol. 2. Some acetyl derivatives of Toxicarol. **53**, 1931, 2264—2271; ders., Toxicarol. 3. A relation between Toxicarol and the Rotenone group. 4. Zur Struktur des Toxicarols. **54**, 1932, 1600—1602, 2537—2548; ders., Toxicarol. V. 7-Hydroxytoxicarol and related compounds. **56**, 1934, 987—991; ders., Some constituents of Derris and „Cube" roots other than Rotenone. Science **71**, 1930, 396.

[9]) Takei, S., Miyajima, S.H., u. Ono, M., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **65**, 1932, 1041.

Dehydrodeguelin, $C_{23}H_{20}O_6$, gelbe Nadeln, Smp. 227°[1]).

An weiteren kristallisierbaren Substanzen aus Derrisharz wurden angegeben: eine Dimethoxyverbindung $C_{22}H_{20}O_6$ vom Smp. 217°[2]), eine Verbindung $C_{22}H_{24}O_4$ vom Smp. 131°[3]), eine dimorphe Verbindung Sumatrol, $C_{23}H_{22}O_7$ vom Smp. 194° und 195—196°, von dem isomeren Tephrosin durch ihren Phenolcharakter, von dem isomeren Toxicarol durch Farblosigkeit unterschieden.[4])

Die Konstitution des Rotenons und seiner wichtigsten Begleiter ist in mühseliger, umfangreicher Arbeit von La Forge und Mitarbeitern[5]), von Takei und Mitarbeitern[6]) und von Butenandt und Mitarbeitern[7]) nahezu restlos aufgeklärt worden. Wiedergegeben seien nur die Formeln des Rotenons und Deguelins, da letzteres auch der Grundkörper des Tephrosins, Isotephrosins und Toxicarols ist.

Rotenon

Deguelin

### 3. Vorkommen der Derrisgiftstoffe

Die Zahl der Pflanzenarten, in denen Rotenon oder Rotenonverwandte vorkommen, beträgt mehrere Hundert.[8]) Roark[9]) hat eine 456 Titel umfassende Bibliographie allein der Derris- *(Deguelia-)* Arten zusammengestellt, die als

[1]) Merz, K. W., Über die tropischen Bestandteile der Samen von *Tephrosia Vogelii*. Arch. Pharm. **270**, 1932, 362—363; Clark, E. P., and Keenan, G. L., Note on the occurrence of dehydrodeguelin and dehydrotoxicarol in some samples of derris root. Journ. Am. chem. Soc. **55**, 1933, 422—423.

[2]) Clark, E. P., Some constituents of Derris and „Cube" roots other than Rotenone. Science **71**, 1930, 396.

[3]) Clark, E. P., The occurence of rotenone and related compounds in the roots of *Cracca virginiana*. Science **77**, 1933, 311—312.

[4]) Cahn, R. S., und Boam, J. J., Die Bestandteile von Derrisharz. Journ. Soc. chem. Ind., Chem. and Ind. **45**. Trans. 1935, 42—45; Chem. Ztrbl. 1935, II, 109; Robertson, A., and Rusby, Journ. chem. Soc. **1937**, 497—503; Chem. Ztrbl. 1937, II, 84.

[5]) La Forge, F. B., u. Mitarbeiter, Rotenone, I—XXIX. Journ. Am. chem. Soc. **51**, 1929, 2574; **52**, 1930, 1088, 1091, 1102, 2480, 2878, 3207, 3603, 4505, 4595; **53**, 1931, 733, 2271, 3072, 3426, 3896, 4400, 4450, 4460; **54**, 1932, 810, 1988, 2126, 2996, 3377; **55**, 1933, 3032, 3040; **56**, 1934, 1620.

[6]) Takei, S., u. Mitarbeiter, Über Rotenon, den wirksamsten Bestandteil der Derriswurzel I—XI. Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **61**, 1928, 1003; **62**, 1929, 3030,; **63**, 1930, 508, 1369; **64**, 1931, 248, 1000; **65**, 1932, 279, 1041; **66**, 1933, 479, 1826.

[7]) Butenandt, A., u. Mitarbeiter, Untersuchungen über pflanzliche Fisch-und Insektengifte. I—VI. Liebigs Ann. d. Chem. **464**, 1928, 253; **477**, 1929, 245; **494**, 1932, 17; **495**, 1932, 172; **506**, 1933, 158.

[8]) Roark, R. C., The chemical relationship between certain insecticidal species of fabaceous plants. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 587—594.

[9]) Roark, R. C., A diguest of the literature of Derris (Deguelia) species used as insecticides, 1774—1931. U. S. Dep. Agr. Misc. Publ. **120**, 1932, 86.

Insektizide gebraucht werden. Weitere Sammelberichte über Vorkommen und insektizide Wirkung des Rotenons, Anbau, Sammlung, Handel und Verarbeitung von Derris gaben z. B. Roark[1]), Birdsall[2]), Koolhaas[3]), Adriano[4]) Tilemans[5]), Chevalier[6]), Gehlsen.[7])

Von den zahlreichen in Holländisch-Indien, China und Japan heimischen Derrisarten sind am bekanntesten *Derris elliptica*, *D. uliginosa*, *D. chinensis*, *D. malaccensis*, die meist zwischen 0,5—6% Rotenon enthalten. Jones[8]) fand in Derris bis zu 7%, in Cubé bis 10% Rotenon; Koolhaas[9]) sogar 12% in Derris. Zweijährige Pflanzenwurzeln von *D. elliptica* und *D. malaccensis* sollen am meisten Rotenon enthalten, dessen Menge im übrigen auch von der Erntezeit, der Bodenart und anderen Faktoren abhängt. Durch Züchtung hofft man, zu Derrispflanzen mit noch höherem Rotenongehalt gelangen zu können. Rotenon und seine Begleitstoffe finden sich auch in anderen Pflanzen, z. B. in *Lonchocarpus nicou*, einer südamerikanischen Pflanze, auch Cubé genannt, die nach Clark auch über 7% Rotenon enthalten kann[10]), ferner in *Milletia taiwaniana Hayata*[11]), *Mundulea suberosa, Benth.*[12]) und *Ormocarpum* (Greshoff), ferner auch in Blättern und Wurzeln von *Cracca (Tephrosia) toxicaria*[13]) und in den Wurzeln von *Cracca virginiana*.[14]) Über die Verteilung des Rotenons zwischen Cortex und Endoderm der Wurzeln von *Derris eliptica* und *malaccensis* liegen Analysen von Georgi und Lay Teik[15]) vor.

---

[1]) Roark, R. C., Rotenone. Ind. and Engin Chemistry **25**, 1933, 639—642.

[2]) Birdsall, R. W., (Handelslage und künftige Möglichkeiten des Rotenons.) Ind. and Engin Chemistry **25**, 1933, 642—644.

[3]) Koolhaas, D. R., (Derriswurzel als ein Exportartikel Niederländisch-Indiens.) Econ. Bull. Netherlands **1**, 1934, 386—389; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1359.

[4]) Adriano, F. T., The cultivation, toxic constituents, uses, chemical analysis and extraction of derris. Philippine Journ. of Agric. **5**, 1934, 1—19.

[5]) Tilemans, E., Le roténone, préparation et usages en Entomologie appliquée. Bull. Inst. Agr. Gembloux Belg. **5**, 1936, 186—205.

[6]) Chevalier, J., Les plantes à roténone. Leur utilisation comme insecticides. Bull. Sci. pharm. **43**, 1936, 259—270.

[7]) Gehlsen, C. A., Derris (Tubawurzel). Tropenpflanzer **39**, 1936, 345—352.

[8]) Jones, H. A., The rotenone content of Derris root, Cube root and other plant materials. Washington Acad. Sci. **23**, 1933, 36—46.

[9]) Koolhaas, D. R., The analysis of Derris roots and the estimation of the Rotenone content. Bull. Jardin bot. Buitenzorg **12**, 1932, 563—574.

[10]) Tattersfield, R., Gimingham, C. T., and Morris, H. M., A quantitative examination of the toxicity of certain plants and plant products to *Aphis rumicis, L.* (the bean Aphis). Ann. appl. Biol. **13**, 1926, 424; Wille, J. E., Ocampo, J. A., Weberbauer, A., and Schofield, D., El Cubé y otros barbascos en el Perù. Est. Exp. Agr. de La Molina, Lima-Perù, Bol. 1937, Nr. 11, 117 S., 163 Ref.

[11]) Nagai, K., Journ. Chem. Soc. Jap. **23**, 1902, 740.

[12]) Greshoff, M., Ber. d. D. Pharm. Ges. **9**, 1899, 215; Worsley, R. R. Le G., The insecticidal properties of some East African Plants II—IV. *Mundulea suberosa Benth.* Ann. appl. Biol. **23**, 1936, 311—328; **24**, 1937, 651—658; **24**, 1937, 659—664.

[13]) Jones, H. A., and Sullivan, W. N., Chemical and insecticidal tests of samples of *Tephrosia toxicaria*. Journ. econ. Entom. **30**, 1937, 679—680.

[14]) Clark, E. P., The occurence of rotenone and related compounds in the roots of *Cracca virginiana*. Science **77**, 1933, 311—312.

[15]) Georgi, C. D. V., and Lay Teik, G., The valuation of tuba root. Dep. Agr. Straits Settlements 1933, Nr. 12, 27.

Die vorstehenden Angaben über den Rotengehalt beziehen sich auf das kristallisierbare Rotenon, das aber nur einen Teil des wirklich vorhandenen vorstellt (s. Analyse). Es kommen auch Derrismuster ohne kristallisierbares Rotenon vor. So enthielten Derriswurzeln gewisser Sorten nach Clark und Keenan[1]) kein Rotenon, sondern gelbe, zwischen 200—225° (manchmal bei 217°) schmelzende, aus Dehydrodeguelin und Dehydrotoxicarol bestehende Kristalle.

In rotenonarmen Wurzeln herrscht naoh Takei[2]) Deguelin vor; in rotenonreichen Wurzeln sind nahezu gleiche Mengen beider Stoffe vorhanden. Nur bei der Cubéwurzel sollen Rotenon- und Extraktgehalt nach Jones[3]) stets parallel gehen. Spoon[4]) fand *Derris malaccensis* verhältnismäßig reicher an Gesamtextrakt und ärmer an Rotenon als *Derris elliptica*. Cahn und Boam[5]) bezeichnen eine Spielart von Derris, deren Extrakte überhaupt kein Rotenon freiwillig abscheiden, als „Sumatratyp". Hierin schien dafür das Toxicarol besonders reichlich vorzukommen.

#### 4. Wirkung der Derrisgiftstoffe

Rotenon und seine Verwandten ähneln in ihrer Wirkung Nerven-Muskel-Giften, sind untereinander qualitativ ähnlich, doch quantitativ außerordentlich verschieden. Sie wirken zunächst erregend, dann lähmend, so daß die Tiere nach kurzem Exzitationsstadium, das weitgehend unauffälliger verläuft als bei den Pyrethrumgiften, in zunehmender Lähmung allmählich dahinsiechen. Eine Erholung der Tiere findet selten statt, jedoch tritt das Ableben viel später ein als nach ausreichend gegebenen Pyrethrindosen. Nach Untersuchungen von Tischler[6]) und Klinger[7]) ist die Hauptwirkung des Rotenons in einer Hemmung der Gewebeatmung zu sehen.

Den Derrisgiften kommt neben der Kontaktgiftwirkung auch eine Fraßgiftwirkung[8]) zu, doch läßt die Unbeständigkeit des auf den Pflanzen erzeugten Spritzbelages kaum eine praktische Anwendung der Präparate als Magengift

[1]) Clark, E. P., and Keenan, G. L., Note on the occurrence of dehydrodeguelin and dehydrotoxicarol in some samples of derris root. Journ. Am. chem. Soc. **55**, 1933, 422—423.

[2]) Takei, S., Miyajima, Sh., u. Ono, M., Über Rotenon, den wirksamen Bestandteil der Derriswurzel. XI. Rotenonharz, quantitative Bestimmung des Rotenons und des Deguelins im Rotenonharz. Ber. d. D. chem. Ges. **66**, 1933, 1825—1833.

[3]) Jones, H. A., The rotenone content of Derris root, Cube root and other plant materials. Journ. Washington Acad. Sci. **23**, 1933, 36—46.

[4]) Spoon, W., Waarnemingen over de samenstelling van Derris-wortel uit Ned. Oost-Indie in verband met zijne eventuele waarde als insecticide. Ber. Hand Mus. Kolon. Inst. Amsterd. **63**, 1931, 26 S.; Ref. Rev. appl. Ent., A **21**, 1933, 617.

[5]) Cahn, R. S., u. Boam, J. J., Bestimmung von Rotenon in Derriswurzel und -harz. J. Soc. Chem. Ind. **54**, Trans. 1935, 37—42; Ref. Chem. Ztrbl. 1935, II, 2270.

[6]) Tischler, N., Studies on how Derris kills Insects. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 215.

[7]) Klinger, H., Die insektizide Wirkung der Pyrethrum- und Derrisgifte und ihre Abhängigkeit vom Insektenkörper. Arb. phys. angew. Ent. Berlin-Dahlem **3**, 1936, 49—69, 115—151.

[8]) McIndoo, N. E., Sievers, A. F., and Abbott, W. S., Derris as an insecticide. Journ. Agric. Res. Wash. **17**, 1919, 177—200; Shepard, H. H., and Campbell, F. L., The relative toxicity of rotenone and some related compounds as stomach insecticides. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 142—144; Swingle, M. C., Difference in action of Derris and Pyrethrum against the imported cabbage worm shown by experiments with gelatin films containing these plant materials. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 1101—1102.

zu. Eine ovizide Wirkung, wie sie bei Nikotin und Pyrethrum an kurz vor dem Schlüpfen stehenden Insekteneiern festgestellt wurde, soll den Derrismitteln fehlen. Auf die große Bedeutung, die Derrispräparaten als Viehwaschmitteln (besonders gegen Dasselfliege) zukommt, sei nur hingewiesen.

Verhältnismäßig unempfindlich gegen Derrisgifte sind höhere Tiere, insbesondere Warmblüter. Vgl. dazu die mannigfachen pharmakologischen Angaben, z. B. von Butenandt[1]) (Ratten), Buckingham[2]) (Menschen, Hunde, Katzen, Schweine, Schafe, Kühe, Hühner), Haag[3]) (Menschen, Hunde, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Tauben), Ishikawa[4]) (Kaninchen, Hunde, Ratten), Hanriot[5]) (Kaninchen, Hunde), van Hasselt[6]) (Mäuse, Kaninchen, Katzen). Es ist aber nicht angängig, von absoluter Unschädlichkeit der Derris für den Menschen zu sprechen, wie dies öfters geschieht, sollen doch nach Umschau 1934, Heft 9 Chinesen in den Malaiischen Staaten durch Zerkauen von Derriswurzeln oft Selbstmord begehen. Die Anwendung von Derris geschieht allerdings in solchen Verdünnungen, daß eine Vergiftungsgefahr für Mensch und Tier nicht besteht. Nur mit einer gewissen Belästigung der Arbeiter beim Stäuben (Mundschleimhaut, Atemwege) ist zu rechnen.

Eine spezifische, starke Giftwirkung zeigen Derrisstoffe auf viele Insekten und auf Fische (vielleicht allgemein Kiementiere). Die Ergebnisse mit Fischen[7]) sind sehr beachtenswert, wirkten doch Verdünnungen 1 : 50 Millionen in manchen Fällen noch tödlich; ganz unzulässig ist es aber, von den bei Fischen erhaltenen Ergebnissen irgendwelche Rückschlüsse auf die insektizide Wirkung zu ziehen, wie dies leider wiederholt geschehen ist. Schon die verschiedenen Insektenarten zeigen größte Unterschiede in ihrer Empfindlichkeit gegen Derrisstoffe, so daß aus dem Verhalten eines Schädlings noch nicht auf das anderer geschlossen werden kann.[8])

---

[1]) Butenandt, A., Über das Rotenon, den physiologisch wirksamen Bestandteil der *Derris elliptica*. Ann. d. Chem. **464**, 1928, 253—277.

[2]) Buckingham, D. E., Wirkung von Rotenon auf Säugetiere bei Einnahme per os. Ind. and Engin. Chemistry **22**, 1930, 1133—1134.

[3]) Haag, H. B., Journ. of Pharmacol. **43**, 1931, 193; Ref. Ber. ges. Physiol. **64**, 1932, 408.

[4]) Ishikawa, T., Japanese Med. Literature **1**, 1916 (Part. 2), 7; Ref. Chem. Abstr. **11**, 1917, 2370.

[5]) Hanriot, M., Über die Giftigkeit bestimmter Stoffe der *Tephrosia Vogelii*. Über die Wirkungsart des Tephrosins. C. r. Ac. Science **144**, 1907, 498—500, 651—653.

[6]) van Hasselt, E. H., Über die Physiologische Wirkung von Derrid. Koninkl. Ak. v. Wetensch.; Wisk. en Natk. Afd. **19**, 1910, 704; Chem. Ztrbl. 1911, I, 247.

[7]) Vgl. z. B. Buckingham, D. E. (s.o.), Hanriot, M. (s. o.), u. Greshoff, M., Mitteilungen aus dem chemisch-pharmakologischen Laboratorium des Botan. Gartens zu Buitenzorg (Java). Ber. d. D. Chem. Ges. **23**, 1890, 3537; Wray, L. jun., The Pharm. Journ. a. Tr. **23**, 1892, 61; Lenz, W., Zur Kenntnis der Bestandteile einiger Derrisarten. Arch. Pharm. **249**, 1911, 298; Clark, E. P., Deguelin. Journ. Am. chem. Soc. **53**, 1931, 313—317; ders., Toxicarol. A constituent of the South American fish poison Cracca *(Tephrosia toxicaria)* **57**, 1930, 2461—2464; Gersdorff, W. A., Die Toxizität von Rotenon, Isorotenon und Dihydrorotenon für Goldfische. Weitere Untersuchung der Toxizität von Rotenonderivaten mit dem Goldfisch als Versuchstier. Journ. Am. chem. Soc. **52**, 1930, 5051; **56**, 1934, 979; Chem. Ztrbl. 1931, I, 1941; 1934, II, 469.

[8]) Vgl. Darley, M. M., Some comperative tests with rotenone, nicotine and Pyrethrum. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 111—115.

Große Unterschiede bestehen außerdem in der Wirkung der verschiedenen Derrisstoffe auf das gleiche Insekt. Nach Davidson[1]) wirken Rotenon, Deguelin, Tephrosin und Toxikarol im Verhältnis 400 : 40 : 10 : 1 auf *Aphis rumicis*, die beiden ersten im übrigen stärker als Nikotin.[2]) Für Seidenraupen fanden Shepard und Campbell[3]) folgende letale Dosen (mg je g Körpergewicht nach der „*sandwich*-Methode):

| | |
|---|---|
| Rotenon | 0,003 |
| Dihydrorotenon | 0,01 |
| Deguelin | 0,01—0,02 |
| Tephrosin | 0,03—0,06 |
| Bleiarsenat | 0,09 |
| Toxicarol | > 1,5, wenn überhaupt wirksam. |

Dihydrorotenon ist kein Naturprodukt; erwähnt wurde es hier nur als einziges künstlich erzeugtes Rotenonderivat, das dem Rotenon in seiner Wirkung nahekommt. Haller und Schaffer[4]) stellten es aus Rotenon und Derrisextrakten durch Hydrierung mit einem Ni-Katalysator bei 35—40° unter normalem Druck in Benzollösung mit 90—93 % Ausbeute her. Es ist gegen äußere Einflüsse beständiger als Rotenon.

Man sollte nach den Ergebnissen von Davidson, Shepard und Campbell annehmen, daß fast nur Rotenon, allenfalls Deguelin, für die Giftwirkung von Derris maßgebend ist. Nach Takei, Miyajima und Ono[5]) kommt einem von diesen beiden Stoffen befreiten Derrisharz tatsächlich keine nennenswerte Wirkung (auf Schlammbeißer) mehr zu. Ginsburg und Schmitt[6]) fanden die Giftwirkung eines Derrisextraktes auf Bienen im wesentlichen proportional dem Rotenongehalt, ähnliches beobachteten Fischer und Nitsche[7]) an Kiefernspinner- und Seidenraupen.

Demgegenüber fanden Jones, Gersdorff, Gooden, Campbell und Sullivan[8]) Azetonextrakt mit nur 25% Rotenon gegen Moskitolarven ebenso giftig wie Rotenon selbst. Auch Ginsburg, Schmitt und Granett[9]) meinen, daß der Rotenongehalt allein kein Kriterium für die Toxizität von Derris ist.

---

[1]) Davidson, W. M., The relative value as contact insecticides of some constituents of Derris. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 877—879.

[2]) Vgl. Darley, M. M.

[3]) Shepard, H. H. and Campbell, F. L., The relative toxicity of Rotenone and some related compounds as stomach insecticides. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 142—144.

[4]) Haller, H. L., u. Schaffer, P. S., Rotenon. 28. Darstellung von Dihydrorotenon. Journ. Ind. and Engin. Chemistry. **25**, 1933, 983; Chem. Ztrbl. 1934, I, 2933.

[5]) Takei, S., Miyajima, Sh., u. Ono, M., Über Rotenon, den wirksamen Bestandteil der Derriswurzel XI. Rotenonharz. Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **66**, 1933, 1826—1833.

[6]) Ginsburg, J.M., Schmitt, J. B., A comparision between rotenone and pyrethrins as contact insecticides. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 918—922.

[7]) Fischer, W., und Nitsche, G., Methode zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. IX. Die Brauchbarkeit einiger Schnellmethoden zur chemischen Prüfung von Derrisextrakten und ihr Vergleich mit der biologischen Prüfung derselben Extrakte an Kiefern- und Seidenspinnerraupen. Mitt. B. R. A. Heft 50, 1935, 57—78.

[8]) Jones, H. A., Gersdorff, W. A., Gooden, E. L., Campbell, F. L., and Sullivan, W. N., Loss in toxicity of deposits of rotenone and related materials exposed to light. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 451—470.

[9]) Granett, P., Derris insecticides. I u. II. Agr. Exp. Stat. New Jersey. Bull. **576**, 1934,

Die Wirkung auf Stubenfliegen läßt sich nach Jones und Smith[1]) durch die folgenden analytischen Werte errechnen: bei Derris: Rotenongehalt + (rotenonfreies $CCl_4$-Extrakt mal 0,5), bei Cubé: Rotenongehalt + (rotenonfreies Restharz mal 0,4). Hiernach sind die Restharze höchstens halb so wirksam wie Rotenon selbst.

Erkennt man die Ergebnisse von Davidson sowie Shepard und Campbell (s. oben) an, so bleibt zur Erklärung derartig hoher Wirkungen von rotenonfreiem Harz wie in den Versuchen von Jones und Ginsburg entweder die Annahme besonderer physikalischer Umstände oder die eines noch nicht isolierten hochwirksamen Inhaltstoffes der Droge. Cahn und Boam haben neuerdings einen solchen Stoff (Sumatrol genannt) isoliert, von dem sie erklären, daß er außer Rotenon der einzig wirksame Bestandteil des Derrisharzes sei.[2]) Die toxikologische Seite des Derrisproblems scheint aber damit noch nicht gelöst zu sein.

Ohne insektizide Wirkung ist jedenfalls die vollständig z. B. mit Azeton extrahierte Derriswurzel.[3])

## 5. Anwendung der Derrisgifte

Derris wird meist als Kontaktgift gegen saugende und beißende Insekten (Blattläuse, Raupen und Afterraupen, Käfer, Fliegen (auch Dasselfliege), Reblaus an Setzreben usw.) und Spinnmilben angewandt; gute Ergebnisse liegen in Deutschland besonders gegen Raupen der Traubenwickler und der Kümmelmotte sowie gegen Erdflöhe vor.

Die Derrisstäubemittel enthalten feine Mahlungen der Derriswurzel mit Kaolin, Kieselgur, Mehl usw. als Streckmittel. Nach einem englischen Patent versetzt man 150 g Kieselgur oder einen anderen Trägerstoff auch mit einem Ätherauszug von 25—50 g Derriswurzel, trocknet die Mischung, versetzt mit 45 g $MgCO_3$ und je 2 g Schwefel und Harz und pulverisiert.

Die Herstellung von Spritzbrühen erfolgt in Niederländisch-Indien durch einhalbstündiges Vermahlen der Derriswurzel mit der sechsfachen Menge Wasser, Abgießen und Abpressen der Flüssigkeit und darauf folgende Verdünnung dieser Lösung 1 : 50. Bei Aufbewahrung wird die Stammflüssigkeit mit 0,5% Formalin versetzt. Bei dieser Bereitung gehen nur etwa 58% der wirksamen Bestandteile in Lösung. Bis zu 80% werden erhalten bei fünfmal wiederholtem Ausziehen des Pulvers mit der 2½fachen Menge Wasser.[4]) Nach Münder[5]) erhält man eine brauchbare Spritzbrühe gegen beißende und saugende Insekten durch Auflösen von ½ kg Seife in 100 l Wasser und darauf folgende Verteilung von 1 kg feinstem Derrispulver.[6]) Jones und Davidson schlagen als Suspensionsmittel Saponin, Gummi, Bentonit, Kieselgur vor.

---

[1]) Jones, H. A., u. Smith, C. M., Derris und Cubé. Annähernde chem. Bestimmung ihrer Giftigkeit. Soap. **12**, 1936, Nr. 6; Ref. Chem. Ztrbl. 1936, II, 2602.

[2]) Cahn, R. S., and Boam, J. J., The constituents of derris resin. Journ. Soc. chem. Ind. **54**, 1935, Trans. 42—45; Chem. Ztrbl. 1935, II, 109.

[3]) Ginsburg, J. M., and Granett, P., Derris insecticides I u. II. Agr. Exp. Stat. New Jersey Bull. **576**, 1934.

[4]) Kolon. Inst. te Amsterdam, Mededeeling 26, Afdeeling Handelsmuseum 1929, Nr. 5. 91 A.

[5]) Insektenvertilgungsmittel, Augsburg 1929.

[6]) Jones, H. A., and Davidson, W. M., Preparations containing rotenone for use as insecticides. 1. Aqueous suspensions. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 244—257.

Zur Erleichterung der Anwendung von Derris im Pflanzenschutz stellt man in Amerika Extrakte durch 24stündiges Mazerieren grob gemahlenen Derrispulvers mit Azeton, Benzol, Äther, Chlorkohlenwasserstoffen im Gegenstrom im großen her. Aus reinem Rotenon bereitet man zuerst eine 4%ige Azetonlösung und gießt diese in Wasser, so daß 1 g Rotenon auf 200—300 l spritzfertige Brühe kommen.[1])

### 6. Haltbarkeit und Haltbarmachung der Derrismittel

Nach Jones und Davidson[2]) ist der Wirkungsrückgang von Azeton- und alkoholischen Rotenonlösungen in beschränkter Zeit unmerklich, stark in den anfangs vorgeschlagenen Pyridin- und Azeton-Tanninlösungen. Daß aus Extrakten bereitete spritzfertige Suspensionen zuweilen nicht so wirksam sind wie wässerige Auszüge aus frisch mazerierten Wurzeln, hängt mit der nicht vollkommenen Lagerbeständigkeit der ersten zusammen. Die Abnahme der Giftigkeit in Derrispräparaten ist wahrscheinlich auf Oxydation des Rotenons zu Dehydrorotenon zurückzuführen[3]), ein Vorgang, der an der Gelbfärbung der Flüssigkeiten und Ausscheidung gelber kristallinischer Substanz zu erkennen ist.[4]) Daß Licht und Sauerstoff auf Derrispräparate und Derrisbeläge innerhalb weniger Tage einen stark zersetzenden und die Toxizität größtenteils vernichtenden Einfluß ausüben, zeigten Tattersfield und Roark; ferner Newcomer, Hough, Lathrop, sowie Jones, Gersdorff, Gooden, Campbell und Sullivan.[5]) Nach den letzten Autoren zeigt sich die Lichtempfindlichkeit der Präparate nicht bei Abwesenheit von Sauerstoff. Mischung mit Lampenruß vermindert die Lichtempfindlichkeit erheblich. Bei Versuchen Turners[6]) behielt Derris auf Blättern, die Sonne und Regen nicht ausgesetzt waren, seine Giftigkeit 19 Tage lang.

Durch längeres Kochen, ferner durch Einwirkung saurer, vor allem aber alkalischer Agentien wird die toxische Wirkung von Rotenonlösungen ebenfalls herabgesetzt. Nach Takei[7]) wird Rotenon schon in sehr schwach alkalischer alkoholischer Lösung bei Luftzutritt innerhalb 10—40 Minuten in zwei Oxydationsprodukte Rotenolon I und II übergeführt, worauf die schnelle Wirkungsabnahme von Derrisextrakten in alkalischen Suspensionen beruhen soll. In Versuchen von Shepard[8]) zersetzten sich Rotenonsuspensionen 1 : 10000 in dest.

---

[1]) Der Tropenpflanzer **34**, 1931, 964.

[2]) Jones, H. A., and Davidson, W. M., Preparations containing rotenone for use as insecticides. 1. Aqueous suspensions. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 244—257.

[3]) Jones, H. A., and Haller, H. L., The „yellow compounds" resulting from the decomposition of Rotenone in solution. Journ. Am. Chem. Soc. **53**, 1931, 2320—2324.

[4]) Gersdorff, W. A., A study of toxicity of Toxicarol, Deguelin and Tephrosin using the gold fish as a test animal. Am. Chem. Soc. **53**, 1931, 1897—1901; Tattersfield, F., and Roark, W. A., The chemical properties of *derris elliptica* (Tuba root). Ann. appl. Biol. **10**, 1923, 1—17.

[5]) Jones, H. A., Gersdorff, W. A., Gooden, E. L., Campbell, F. L., and Sullivan, W. N., Loss in toxicity of deposits of rotenone and related materials exposed to light. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 451.

[6]) Turner, N., Notes on Rotenone as an insecticide. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 1228 bis 1237.

[7]) Takei, S., Miyajima, Sh., u. Ono, M., Über Rotenon, den wirksamen Bestandteil der Derriswurzel. X. Oxydation und Reduktion des Rotenons in schwach alkalischer Lösung. Ber. d. D. Chem. Ges. **66**, 1933, 479—483.

[8]) Shepard, H. H., The relative Toxicity of rotenone and nicotine to *Aphis rumicis L.* and mosquito larvae. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 725—731.

Wasser, 0,01 n NaOH, 0,01 n $H_2SO_4$, 1 % Saponin, 0,3 % Seife bei wochenlangem Stehen in gewissem Umfange, die NaOH-Lösung aber am stärksten. Nach 8 Tagen war hier nur noch die halbe Wirkung vorhanden. Turner sowie Gater[1]) geben an, daß sich Rotenon mit Seifenlösung in wenigen Tagen oder Wochen zersetzt, auch wenn es in Öllösung emulgiert ist.

Jones und Davidson empfehlen deshalb zur Erhaltung genügend beständiger wässeriger Suspensionen Zugabe von Leim, Saponin oder Bentonit, einem tonartigen, mit Wasser stark aufquellenden Material, Turner sulfonierte Öle oder Milchpulver. Compton[2]) zur Steigerung der Wirksamkeit Zugabe von mineralölsulfosaurem Salz. Auch Tannin wurde vorgeschlagen[3]), weil es gleichzeitig vor Oxydation schützen soll. Nach Richardson[4]) benötigen Rotenon und Derrisbrühen zur Bekämpfung der roten Spinne Zusätze von 0,25 % ölsaurem Kali auf 0,02 % Rotenon.

Unbegrenzt haltbar sind allein trockene und trocken gelagerte Derriswurzelpulver.

Derrisextrakte werden auch in Mineralölen angewendet. Nach Murphy und Peet[5]) sinkt die Wirksamkeit der Insektizide mit zunehmender Viskosität der als Lösungsmittel dienenden Petroleumdestillate. Häufig trifft man neuerdings Kombinationen von Derris und Pyrethrum, gelegentlich auch solche, die außerdem noch Nikotin enthalten.

### β) Pyrethrum

#### 1. Bedeutung von Pyrethrum

Pyrethrum, schon seit über 100 Jahren als Insektenpulver zur Ungezieferbekämpfung verwendet, ist eines der ältesten und bekanntesten Schädlingsbekämpfungsmittel. Der jährliche Verbrauch in Rußland betrug 1818 schon 200000 Pfund. Nach Glasford[6]) 1930 verbraucht USA. sechs Siebentel der Weltproduktion. Als Haupterzeugungsländer sind heute Japan, Italien, Jugoslawien und Rußland zu nennen. Anbauversuche sind in USA.[7]), Argentinien, Australien, Madagaskar und Südafrika in Angriff genommen, einzelne Anbauversuche im kleinen in Frankreich, Deutschland, Österreich, Algerien, Schweiz und England.

Die Weltproduktion wird in „Orto frutticultura italiana" Mai 1933 für 1931 mit 12320000 Pfund (5600000 kg),

für 1932 mit 16000000 Pfund (7300000 kg)

angegeben. USA. führte allein im ersten Halbjahr 1932 ein:

aus Japan 5287100 Pfund,
aus Italien 310700 Pfund,
aus Jugoslawien 2100 Pfund.

---

[1]) Turner, N., Notes on Rotenone as an insecticide. Journ. econ. Entom. **25**, 1933, 1228 bis 1237 sowie Gater, B. A. R., Investigations of „Tuba" (Derris). Malayan Agr. Journ. **13**, 1925, 312—329.

[2]) Compton, C. C., Red spider control in greenhouses. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 1094 bis 1097.

[3]) Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 244.

[4]) Richardson, H. H., A preliminary study of the insecticidal efficiency of the Pyrethrins, Nicotine and Rotenone against the greenhouse red spider mite *(Tetranychus telarius L.)* Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 592—599.

[5]) Murphy, D. F., u. Peet, C. H., Über die Wirkung von Insektiziden. Soap. **10**, 1934, 95—103; Chem. Ztrbl. 1934, I, 2184.

[6]) Glasford, J., The economics of Pyrethrum. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 874.

[7]) Sievers, A. F., Experiments on Pyrethrum culture in the Unites States. U. S. Dept. Agric. Div. of Drug animal. Plants 1931; Mc. Donnell, C. S., Roark, R. C., Le Forge, F. B., u. Keenan, G. L., Insect Powder. U. S. Dept. Agric. Dept. Bull. **824**, 1926.

In Europa ist Jugoslawien das wichtigste Anbaugebiet. Es liefert ein Zehntel der Weltproduktion, und zwar Material von besonders hoher Güte. Interessante Einzelheiten über den Anbau in Dalmatien gibt Hartzell[1]).

Vgl. auch den Sammelbericht von Mann. Der Rückgang der Kulturen in der Schweiz mahnt zur Vorsicht hinsichtlich des auch in Deutschland versuchten Anbaues.[2])

Die Literatur über Anbau, Gewinnung, Extraktion, Anwendung, Chemie und Wirkung von Pyrethrum, Lagerfähigkeit der Präparate usw., ist sehr umfangreich; es sei daher nur auf die Zusammenfassungen von Gnadinger, Martin, Feytaud, Sprengel und Saling verwiesen.[3])

Je nach dem Ursprungsland unterscheidet man das wirksamere ,,dalmatinische" Insektenpulver (aus Blütenköpfen von *Chrysanthemum (Pyrethrum) cinerariifolium)* und das ,,persische" oder ,,kaukasische" Insektenpulver (aus Blütenköpfen von *Chrysanthemum (Pyrethrum) roseum* und *carneum*).

## 2. Chemie des Pyrethrums

Als giftige Stoffe des Pyrethrums stellten Staudinger und Ruzicka[4]) zwei in wechselndem, oft in nahezu gleichem Verhältnis vorhandene Ester eines Ketonalkohols Pyrethrolon mit zwei Säuren, der Chrysanthemum-mono- und Chrysanthemum-dicarbonsäure, fest, die sie Pyrethrin I und Pyrethrin II nannten.

```
             H3C—CH
                /  \
             H2C    CHCH2CH = C = CHCH3
               |     |
              HC—————C = O
Pyrethrin I   |        ,C(CH3)2
              |       /  |
             OCOCH       |
                  \      |
                   CHCH = C(CH3)2
```

```
             H3C—CH
                /  \
             H2C    CHCH2CH = C = CHCH3
               |     |
              HC—————C = O            ,CH3
Pyrethrin II  |        ,CHCH = C<
              |       /  |            `COOCH3
             OCOCH       |
                  \      |
                   C(CH3)2
```

Pyrethrin I ist farblos, von glyzerinartiger Beschaffenheit, zeigt schwachen Geruch und siedet bei 145—150° bei 0,125 mm Druck, $[\alpha]_D^{19}$ in Äther = — 18,9°; Smp. des Semicarbazons 117—119°; Pyrethrin II, ein zähes, gelbes Öl, siedet auch im abs. Vak. nicht unzersetzt, $[\alpha]_D^{19}$ in Äther = + 27°; Smp. des Semikarbazons 56—59°; beide sind wasserunlöslich und nicht flüchtig.

---

[1]) Hartzell, A., A visit to Pyrethrin fields of Dalmatia. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 583; Mann, D., Pyrethrin, Rotenon und Nikotin. Seifensieder-Zeitung **62**, 1935, 185.

[2]) Spr., Einige Bemerkungen zum Anbau von Pyrethrum. Anz. f. Schädlingskunde. 1933, Heft 9, 119—120; Geßner, Der Anbau von Pyrethrum. Weinbau u. Kellerwirtschaft **12**, 1933, 190—191.

[3]) Gnadinger, C. B., Pyrethrum Flowers. Mc Laughlin Gormly King Co., Minneapolis (Minnesota) 1933; Martin, H., The scientific principles of plant protection. Edw. Arnold & Co., London 1936; Feytaud, J., Le pyrèthre. Revue de zool. agric. **23**, 1924, 238—243; ders., Le savon-pyrèthre. ibid. **23**, 1924, 142—145; Sprengel, L., Gegenwärtiger Stand der Kenntnisse über Pyrethrum als Insektengift. Anz. f. Schädlingskunde. **10**, 1934, 1—7, 14—21, 111—116; Saling, Th., Über das wirksame Prinzip von Pyrethruminsektenpulver und eine neue biol. Methodik ihrer Wertbestimmung. Ztschr. f. Desinf. u. Gesundheitswesen **20**, 1928, Heft 3.

[4]) Staudinger, H. und Ruzicka, L., Insekten tötende Stoffe. 1—10. Helv. Chim. Acta **7**, 1924, 177—201, 202—259, 377—458.

Nicht zu verwechseln sind diese Pyrethrine mit dem „Pyrethrin" aus Radix Pyrethri *(Anacyclus Pyr.)*, Smp. 45°, welches n-Undecadiensäure-isobutylamid ist. Weitere Inhaltstoffe von *Chrysanthemum cinerariifolium* sind das physiologisch unwirksame Pyrethrosin, farblose, in Wasser unlösliche, in Petroläther schwerlösliche Kristalle vom Smp. 188—189°, das neutrale Chrysanthin, $C_{10}H_{18}O_3$, Smp. 200°, $[\alpha]_D^{20} = -30°$, das neutrale Chrysanthen, $C_{18}H_{35}O$, Smp. 80°, inaktiv[1]) und, nach einzelnen Autoren[2]) Pyrethrolon, Öl vom Sdp. $_{0,1}$: 110—112°, Semicarbazon Smp. 196°, Methylpyrethrolon sowie die beiden genannten Chrysanthemumsäuren. Die vier letzten Stoffe scheinen aber in der Regel nur in sehr untergeordneten Mengen frei vorzukommen; Staudinger und Ruzicka sowie Gnadinger und Corl[3]) fanden jedenfalls keine nennenswerten Mengen der beiden Ketone in den Blüten.

Die Reindarstellung der beiden Pyrethrine nach Staudinger und Ruzicka ist kostspielig, mühselig und zeitraubend. Wilcoxon und Hartzell[4]) ist es aber auf rein physikalischem Wege gelungen, aus rohem Blütenextrakt reine Mischungen der Pyrethrine ohne sonstige Begleitstoffe zu erhalten. Sie erzielten dies durch Fraktionierung zwischen 80%igem Methanol und Petroläther und fanden auch, daß sich das Mengenverhältnis der beiden Pyrethrine in den verschiedenen Fraktionen weitgehend verschiebt. Völlige Isolierung des einen oder anderen Pyrethrins gelang so zwar nicht, doch konnte eine Mischung aus nur 2,8% Pyr. I. und 92,6% Pyr. II auf der einen, eine solche aus 43,6% Pyr. I und 57,1% Pyr. II auf der anderen Seite erzielt werden.

### 3. Vorkommen der Pyrethrine

Die Pyrethrine sind Bestandteile der Blütenköpfe der oben genannten Chrysanthemumarten. Der Pyrethringehalt der Blüten ist von der Art der Pflanzen, den klimatischen und Bodenverhältnissen, von der Erntezeit und der Behandlung der Blüten während des Versandes und der Lagerung abhängig. Durch künstliche Düngung mit Kalkstickstoff, $(NH_4)_2SO_4$, KCl, $K_2SO_4$, Thomasmehl und Superphosphat ließ sich die Qualität des Pyrethrums nicht beeinflussen.[5])

Nach Mc Donnell und Mitarbeitern[6]) enthalten die Achenen (Karpelle, Schließfrüchte) am meisten Pyrethrin, die Blütenböden mehr Pyrethrin als die äußeren Blütenteile. Die Annahme, daß geschlossene Blüten mehr Pyrethrin enthalten als offene, ist nach Mc Donnell darauf zurückzuführen, daß reife Blüten die Achenen beim Bewegen verhältnismäßig leicht verlieren können. Im Hinblick hierauf und den Umstand, daß die größte Ausbeute nach Reife der Achenen erreicht wird, erntet man nach Mc Donnell am besten dann, wenn die Blüten so

---

[1]) Chou, T. Q., u. Chu, J. H., Chrysanthin und Chrysanthen kristalline, neutrale Prinzipe aus *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Chin. Journ. Physiol. **8**, 1934, 167—170; Chem. Ztrbl. 1935, I, 418.

[2]) Ripert, J., Sur un nouveau procédé d'analyse des produits contenant des extraits de pyrèthre. I. Ann. Falsific. Fraudes **24**, 1931, 325, 580; **28**, 1935, 27—38.

[3]) Gnadinger, C. B., u. Corl, C. S., Untersuchungen über Pyrethrumblüten. V. Die Gegenwart von Pyrethrolon und Methylpyrethrolon in der Blüte. Journ. Am. Chem. Soc. **55**, 1933, 1218—1223.

[4]) Wilcoxon, F., Hartzell, A., Some factors affecting the efficiency of contact insecticides. 2. Further chemical and toxicological studies of Pyrethrum. Contrib. Boyce Thompson Inst. **5**, 1933, 115 bis 127.

[5]) Ripert, J., Rückblick über die Frage der Pyrethrumpflanzen. Ann. Falsific. Fraudes **25**, 1932, 395—409.

[6]) Mc Donnell, C. C., and Mitarbeiter, Relative insecticidal value of commercial grades of Pyrethrum. U. S. Dep. Agr. Bull. **824**, 1926; Bull. **198**, 1930.

reif sind, daß die Achenen nicht leicht verloren gehen können. Dabei ist freilich zu beachten, daß es unmöglich ist, alle Blüten im gleichen Entwicklungszustand zu ernten. Darauf ist wohl auch die Feststellung von Mc Donnell[1]) zurückzuführen, daß Pyrethrumproben gleicher Handelsware verschiedenen Gehalt an wirksamer Substanz aufweisen können. Beschattung der Pflanzen während der Sammelzeit vermindert übrigens den Gehalt.[2])

Pyrethrumblüten enthalten gewöhnlich 0,4—0,6, zuweilen auch bis zu 1,2% Pyrethrin[3]), nach Martin und Tattersfield[4]) (sowie Gnadinger, Evans und Corl) sogar bis über 2%, während minderwertige Stengelpulver nur 0,04—0,1 % Pyrethrin aufweisen.

### 4. Beständigkeit der Pyrethrine

Ein Nachteil der Pyrethrumpräparate ist die leichte Zersetzbarkeit ihrer Pyrethrine.

Gnadinger und Corl[5]) prüften den Einfluß der Lagerung auf Pyrethrumblüten. Sie stellten Verluste von 30—44% Pyrethrin bei einjähriger Lagerung gemahlener Pyrethrumblüten und auch Verluste beim Lagern von Pyrethrum in verlöteten und evakuierten Zinnbüchsen fest. Nach Tattersfield und Hobson treten[6]) bei dünner Lagerung von Blüten und Pyrethrumpulver schon nach 14 Tagen wesentliche Verluste wirksamer Substanz ein, nicht dagegen in geschlossenen Behältern. Besonders verlustbringend ist Feuchtlagerung des Materials. Die auf der Einwirkung von Luft und Licht beruhenden Verluste können nach Tattersfield[7]) durch Zusatz von Antioxydantien wie Brenzkatechin, Resorzin, Hydrochinon, Pyrogallol, Gerbsäure verringert werden. Lagerungstemperaturen von —2 bis —5° verhindern die Pyrethrinabnahme sechs Monate lang.[8]) Kerosenextrakte von Pyrethrum scheinen unverändert haltbar zu sein.[9])

### 5. Verfälschungen der Pyrethrumpulver

Pyrethrum unterliegt sehr oft Verfälschungen[10]), wozu zahlreiche Zusätze pflanzlicher oder mineralischer Art dienen, z. B. Pyrethrumstengelpulver, Kurkuma, Gelbholz, Aloe, Anispulver, Sägemehl, Ocker, Chromgelb, Bariumchromat.

---

[1]) Mc Donnell, C. C., Relative insecticidal value of commercial grades of Pyrethrum. U. S. Dep. Agr. Tech. Bull. **198**, 1930, 10.

[2]) Gnadinger, C. B., Evans, L E., u. Corl, C. S., Pyrethrumversuche in Kolorado. I. Vorläufiger Bericht über die Faktoren, welche den Pyrethringehalt beeinflussen. Agric. Exp. Stat. Colorado Bull. **401**, 1933,; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1359.

[3]) Gnadinger, C. B., u. Corl, C. S., Untersuchungen über Pyrethrumblüten. 1. Die quantitative Bestimmung der wirksamen Eigenschaften. Journ. Am. Chem. Soc. **51**, 1929, 3054 bis 3064.

[4]) Martin, J. T., and Tattersfield, F., The evaluation of Pyrethrum flowers *(Chrysanthemum cineraefolium)*. Journ. Agric. Sci. **21**, 1931, 115—135.

[5]) Gnadinger, C. B., u. Corl, C. S., Einfluß der Lagerung auf die Pyrethrumblüten. Ind. and Engin. Chemistry **24**, 1932, 901—903.

[6]) Tattersfield, F., and Hobson, R. P., Extracts of Pyrethrum: permanence of toxicity and stability of emulsions. Ann. appl. Biol. **18**, 1931, 203—243.

[7]) Tattersfield, F., The loss of toxicity of Pyrethrum dusts on exposure to air and light. Journ. agric. Sci. **22**, 1932, 396—417; ders., and Martin, J. T., The loss of activity of Pyrethrum II. **24**, 1934, 598—626.

[8]) Gnadinger, C. B., Evans, L. E., u. Corl, C. S., Pyrethrumversuche in Kolorado. I. Vorläufiger Bericht über die Faktoren, welche den Pyrethringehalt beeinflussen. Agr. Exp. Stat. Colorado Bull. **401**, 1933,; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1359.

[9]) Richardson, H. H., Research on kerosene extracts of Pyrethrum. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 763—764.

[10]) Gnadinger, C. B., s. S. 516, Fußnote 3; Saling, Th., s. S. 516, Fußnote 3.

Die Fälschungen lassen sich oft nur schwer nachweisen. Mit Petroläther können durchschnittlich etwa 5%, gewöhnlich 10—25% Pyrethrine enthaltende Extraktstoffe (Oleoresin) gewonnen werden, mit Äthylendichlorid etwa 8% Extrakt mit etwa 9% Pyrethrinen

### 6. Standardisierung von Pyrethrumpulvern

In Jugoslawien bestehen Beschaffenheitsvorschriften für Pyrethrum.[1])

Danach ist bei der Ausfuhr von Pyrethrum die Beifügung der Bezeichnung „Dalmatian Pyrethrum" unzulässig:

1. wenn die Ware eine Beimengung von mehr als 1% fremder Stoffe enthält,
2. wenn die Ware mehr als 3% natürlich angewachsener Blumenstiele enthält,
3. wenn die Ware weniger als 0,8% Pyrethrin enthält,
4. wenn die Ware aus früheren Jahren stammt oder mit der Ware früherer Jahre vermischt ist.

Die Bezeichnung „Pyrethrum" ist unzulässig,

1. wenn die Ware mehr als 2% fremder Beimischungen enthält,
2. wenn die Ware mehr als 5% natürlich angewachsener Blumenstiele enthält,
3. wenn die Ware weniger als 0,5% Pyrethrin enthält.

Pyrethrum darf bei einem Gehalt von mindestens 0,9% Pyrethrinen die Bezeichnung „Superprima", bei 0,7% „Prima", bei 0,5% keine andere Bezeichnung tragen. Der Pyrethringehalt wird nach Gnadinger und Corl festgestellt.

### 7. Anwendung von Pyrethrum und Herstellung von Pyrethrummitteln

Pyrethrum benutzt man zum Spritzen und Stäuben gegen Läuse, Raupen, Blattwanzen, Zikaden, auch gegen Heu- und Sauerwurm. Als Spritzmittel ist das aus 1—1,5 kg Pyrethrum, 3 kg Schmierseife und 100 l Wasser bestehende Dufoursche Mittel zu nennen. Seife soll den Wirkungswert der Pyrethrine um das Vierfache steigern.[2])

Auch handelsüblichem 33%igem Wasserglas, 0,04% in den Brühen, werden Wirkungssteigerungen zugesprochen. Zum Stäuben sind Mischungen (z. B. 1 : 3) mit Gips, Mehl, Schwefel, Asche, Staub im Gebrauch. In den letzten Jahren wurden besonders in USA. und England mit organischen Lösungsmitteln gewonnene Pyrethrumauszüge gehandelt. Auch in Deutschland befaßt man sich neuerdings mit der Herstellung flüssiger und auch pulverförmiger Präparate.

Zum Extrahieren des Pyrethrums dienen Alkohol, Azeton, Äthylendichlorid, Trichloräthylen, Kerosin, Petroläther, Benzol und Glykolderivate. Nach Neu[3]) betrugen die Extraktmengen getrockneter Blüten bei Verwendung von Methanol 22,71%, Spiritus 20,55%, Trichloräthylen 11,9%, Azeton 10,54%, Benzol 8,45%, Äthylazetat 8,31%, Chloroform 7,86%, Tetrachlorkohlenstoff 5,09%, Petroläther 4,91%, Äther 4,29%. Die großen Unterschiede sind auf Pflanzenstoffe verschiedenster Art zurückzuführen, die je nach dem Lösungsmittel in wechselnder Menge mitextrahiert werden. Die Pyrethrine löst bereits Petroläther quantitativ aus den Blüten. Mit einer Reihe weiterer Extraktionsmittel arbeiteten Gersdorff und Davidson.[4]) Hinsichtlich des bestgeeigneten Lösungsmittels bestehen je nach den leiten-

---

[1]) Erlaß d. Ministers f. Handel u. Industrie u. d. Ministers f. Landwirtsch. II. Nr. 8748 vom 28. 3. 1934.

[2]) Badertscher, A. E., The effect of soap on the toxicity of a pyrethrum product known as „red-arrow". Journ. econ, Entom. **24**, 1931, 268—277.

[3]) Neu, R., Beitrag zur Bestimmung der Pyrethrumextrakte und zur Verwertung in wässeriger Lösung. Seifensieder-Ztg. **59**, 1933, 790; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1192.

[4]) Gersdorff, W. A., u. Davidson, W. M., Neue Lösungsmittel für die wirksamen Bestandteile von Pyrethrum. Ind. and Engin. Chemistry **21**, 1929, 1251—1253; Chem. Ztrbl. 1930, I, 1201.

den Gesichtspunkten verschiedene Meinungen. Nach Walker[1]) sollen Alkohol, Azeton und Äthylendichlorid dem Petroläther und Benzol vorzuziehen sein; Gersdorff und Davidson empfehlen denaturierten Alkohol, Mann[2]) Äthylenchlorid.

Dieses halten auch Gnadinger und Corl[3]), die eine Beschreibung der Fabrikation konzentrierter Pyrethrumextrakte geben, für das beste Extraktionsmittel. Benzol hat nach ihnen den Nachteil zu großer Giftigkeit, Alkohol und Azeton geben grüne, nur teilweise in Kerosin lösliche Extrakte, $CCl_4$ und andere Chlorverbindungen zersetzen sich bei Gegenwart von Feuchtigkeit in der Hitze, Petroläther ist feuergefährlich und schwer wiederzugewinnen.

Nach Tattersfield und Hobson[4]) sind alkoholische und Petroleumextrakte, auch solche mit Emulgatoren, viele Monate haltbar. Erstere geben ohne weiteres beständige wässerige Emulsionen, während letztere Emulgierungsmittel enthalten müssen, z. B. Türkischrotöl oder das in England bekannte Agral W. B. mit Ammoniakzusatz. Nach Walker[5]) hängt die Haltbarkeit seifenhaltiger Präparate von der Alkalität der zugesetzten Seife ab; ein Präparat mit $p_H = 9{,}5$ behielt einen Monat lang seine Wirksamkeit, während ein ähnliches Präparat mit $p_H = 12$ die gesamte Toxizität schon nach 12 Stunden verloren hatte.

Badertscher[6]) fand bei einem Pyrethrummittel, das 40% konzentrierten Extrakt und 30% Kali-Kokosnußöl-Seife enthielt, keine wesentliche Abnahme der Wirkung auch nach dreijähriger Lagerung. Roark[7]) lehnt jedoch die Kombination von Seife und anderen alkalischen Stoffen, wie Schwefelkalk und Kalk mit Pyrethrum ab. Als Netz- und Schwebemittel empfiehlt er Saponin und sulfoniertes Petroleum.

### 8. Giftwirkung der Pyrethrine

Die Art der Giftwirkung der Pyrethrine ist neuerdings von Saling, Kemper, Buchmann, Hartzell, Gößwald und besonders eingehend von Klinger bearbeitet.[8]) Als Nervengifte rufen die Pyrethrine rasch aufeinanderfolgende

[1]) Walker, H. G., Insecticidal value of certain pyrethrum extracts. Virginia Truck. Stat. Bull. **75**, 1931, 943—971.

[2]) Mann, D., Die technische Herstellung von Pyrethrumextrakten. Chem. Ztg. **58**, 1934, 401.

[3]) Gnadinger, C. B., u. Corl, C. S., Herstellung von konzentrierten Pyrethrumextrakten. Ind. and Engin. Chemistry **24**, 1932, 988—999.

[4]) Tattersfield, F., and Hobson, R. P., Extracts of pyrethrum: permanence of toxicity and stability of emulsions. Ann. Appl. Biol. **18**, 1931, 203—243.

[5]) Walker, H. G., Insecticidal value of certain Pyrethrum extracts. Virginia Truck Stat. Bull. **75**, 1931, 943—971.

[6]) Badertscher, A. E., The effect of soap on the toxicity of a pyrethrum product known as „red-arrow“. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 268—277.

[7]) Roark, R. C., Pyrethrum and soap, a chemically incompatible mixture. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 460.

[8]) Klinger, H., Die insektizide Wirkung der Pyrethrum- und Derrisgifte und ihre Abhängigkeit vom Insektenkörper. Arb. phys. ang. Ent. Berlin-Dahlem **3**, 1936, 49—69, 115 bis 151; Saling, Th., Über das wirksame Prinzip von Pyrethruminsektenpulvern und eine neue biol. Methodik ihrer Wertbestimmung. Ztschr. Desinf. u. Gesundheitsw. **20**, 1928, 33—42; Kemper, H., Versuche über die Wirkung von Pyrethrumblütenpulvern auf Tiere verschiedener Klassen mit besonderer Berücksichtigung der wasserbewohnenden Arten. Ztschr. f. Gesundheitstechnik u. Städtehygiene **25**, 1933, 149—164; Buchmann, W., Untersuchungen über die physiol. Wirkung von Pyrethruminsektenpulvern auf Fliegenlarven. Ztschr. Desinf. **21**, 1929, 3; Gößwald, K., Die Wirkung des Kontaktgiftes Pyrethrum auf Forstschädlinge unter Einfluß von ökologischen Außenfaktoren. Ztschr. angew. Entom. **20**, 1934, 489—530; Hartzell, A., Histopathology of insect nerve lesions caused by insecticides. Contrib. Boyce Thomps. Inst. **6**, 1934, 211—213.

Krankheitssymptome — Latenzzeit, Hinsiechen und Tod — hervor. Klinger und Hartzell konnten eine Veränderung der Ganglienzellen nachweisen. Nach Klinger hängt die oft nach Art oder Alter und Entwicklungsstadium verschiedene Giftempfindlichkeit weitgehend von der Kutikula und ihrer Permeabilität, von der Beschaffenheit des Nervensystems und den Hautsinnesorganen ab; das Zusammenwirken und die Verkoppelung der morphologisch-anatomischen und physiologischen Faktoren bestimmen die Giftempfindlichkeit bzw. die artspezifische Resistenz des betreffenden Tieres. Nach Gößwald und Klinger sind die Außenbedingungen (besonders Temperatur) für die Giftwirkung wichtig.

Pyrethrum ruft bereits in feinster Verteilung bei Berührung mit den Insekten die charakteristischen Vergiftungserscheinungen hervor. Über den Giftwert der Pyrethrine I und II besteht noch keine völlige Klarheit.

Das erste hält man teils für zehnmal[1]), teils für nur zweimal giftiger als Pyrethrin II, teils auch beide für etwa gleich giftig.[2]) Die höhere Wirksamkeit des Pyrethrin I scheint aber heute außer Frage zu stehen; endgültig zu klären wäre nur noch das genaue Zahlenverhältnis.

Ob die wirksamen Substanzen des Pyrethrums mit den beiden Verbindungen restlos erfaßt sind, ist für die Praxis eine Frage von untergeordneter Bedeutung. Vielleicht sind bei eventuellen Wirkungsunterschieden trotz gleichen Pyrethringehaltes eher physikalische als chemische Ursachen maßgebend. Die sehr unterschiedliche Empfindlichkeit der Insektenarten gegen Pyrethrine ist natürlich wohl zu berücksichtigen. Saling[3]) fand, daß zur Tötung von Stubenfliegen 0,0003 mg, zur Tötung amerikanischer Schaben 0,02—0,024 mg Pyrethrin (Gemisch beider Verbindungen) genügen. Für Bienen[4]) ist Pyrethrum an sich giftig, doch dürfte es, sachgemäß angewandt, kaum eine Gefahr für diese bedeuten.

Warmblütern[5]) gegenüber ist Pyrethrin in den zur Schädlingsbekämpfung

---

[1]) Tattersfield, F., Hobson, R. P., and Gimingham, C. T., Pyrethrin I and II. Their insecticidal value and estimation in Pyrethrum *(Chrysanthemum cinerariaefolium)*. 1 and 2, 433—437. Journ. Agric. Sci. **19**, 1929, 2, 266—296, 433—437; vgl. Tattersfield, F., and Martin, J. T., The loss of activity of Pyrethrum II. Journ. Agr. Sci. **24**, 1934, 598—626; Wilcoxon, F., and Hartzell, A., Some factors affecting the efficiency of contact insecticides. 3. Further chemical and toxicological studies of pyrethrum. Contrib. fr. Boyce Thompson Inst. **5**, 1933, 115—127; dies., (Die aktiven Prinzipien von Pyrethrum, ihre Wirkung auf Insekten.) Soap. **9**, 1933, Nr. 5, 85—87, 99—100.

[2]) Staudinger, H., u. Ruzicka, L., Insektentötende Stoffe. Helv. Chim. Acta. **7**, 1924, 377—458; Gnadinger, C. B., u. Corl, C. S., (Untersuchungen über Pyrethrumblüten. 2. Die Beziehung zwischen der Reife und dem Pyrethrumgehalt. 4. Die relative Giftigkeit der Pyrethrine I u. II.) Journ. Am. Chem. Soc. **52**, 1930, 680—684, 3300—3307.

[3]) Saling, Th., Über das wirksame Prinzip von Pyrethruminsektenpulvern und einer neuen biologischen Methodik ihrer Wertbestimmung. Ztschr. f. Desinf. u. Gesundheitswesen **20**, 1928, 33—42.

[4]) Speyer, W., Vermeidung von Nachteilen für die deutsche Bienenzucht bei der Bekämpfung der Obstschädlinge. 2. Aufl der Bienenweide. Verl. Leipziger Bienenzeitung 1934. Böttcher, F. K., Die Wirkung der chemischen Schädlingsbekämpfung auf die Bienenzucht. Anz. f. Schädlingskunde. **13**, 1937, 105—114, 121—126.

[5]) Saling, Th., s. S. 520; Gnadinger, C. B., s. S. 516; Shimkin, M. B., and Anderson, H. H., Acutes toxicities of Rotenone and mixed Pyrethrins in Mammals. Proc. Soc. exp. Biol. Med. **34**, 1936, 135—138.

angewandten Konzentrationen ungefährlich. Größere Gaben können allerdings auch bei Menschen Kopfschmerzen, Brechneigung, Kolik und auf der Haut, soweit Pyrethrumauszüge in Frage kommen, Ekzeme hervorrufen.

Das nicht selten beobachtete Versagen der Präparate wird man auf geringen Pyrethringehalt, unsachgemäße Lagerung der Rohstoffe, fehlerhafte Herstellung oder zu geringe Lagerfestigkeit der Präparate zurückführen müssen.

### γ Quassia

#### 1. Bedeutung von Quassia

Quassiaholz ist ein altes Hausmittel, das bereits um 1800 in Deutschland zur Bereitung fliegentötender Mittel verwandt wurde. Seine erste Anwendung gegen Aphiden in USA.[1]) erfolgte schon 1855, in England[2]) wurde es 1884 gegen Hopfenblattlaus sehr empfohlen. Trotzdem hat es, da es in seiner insektiziden Wirkung dem Nikotin bei weitem nicht gleich kommt, kaum Bedeutung erlangt und war fast in Vergessenheit geraten, bis 1935 seine Brauchbarkeit gegen Pflaumensägewespe[3]) entdeckt wurde. Immerhin war es 1934 in Italien[4]) noch in einer Menge von 714 t Quassiaholz und 28 t Quassiaextrakt als Insektizid benutzt worden. Seine einzigartige Brauchbarkeit zur Bekämpfung der Pflaumensägewespe wird ihm eine große, wenn auch sehr spezialisierte Verwendung sichern.

#### 2. Vorkommen und Gewinnung

Quassia ist ein hellgelbes, stark bitter schmeckendes, in Form von Spänen im Handel befindliches Holz der zu den Simarubazeen gehörenden Holzgewächse *Picrasma (Picraena) excelsa* (Jamaica Quassia) und *Quassia amara* (Surinam Quassia). Holz und Rinde dieser Pflanzen enthalten als wirksame Bestandteile bis zu 0,1% Quassin, ferner Quassol, Pikrasmine und andere Stoffe. Quassin ist der Dimethylester der Quassiasäure $C_{28}H_{38}O_6(COOH)_2$, FP. 210°, eine in Wasser schwer lösliche, dagegen in Laugen und auch Seifenlösungen lösliche Verbindung. Massute[5]) isolierte aus *Quassia amara* vier verschiedene, aus *Picraena excelsa* zwei dem Quassin nahestehende Bitterstoffe.

Nach Mc Indoo und Sievers[6]) laugt man das Holz am besten 24 Stunden mit kalter Seifenlösung, 2,2% Späne auf 0,15% Fischölseife, aus. Je feiner das Holz zerkleinert ist, um so mehr wirksame Substanz geht in Lösung. Für die Herstellung von Quassia-Seifenbrühen bestehen weitere zahlreiche Vorschriften.[7])

[1]) Metcalf, C. L., zit. S. 495, Fußnote 3.

[2]) Martin, H., zit. S. 382, Fußnote 8.

[3]) Thiem, H., Über eine erfolgreiche Bekämpfung der Pflaumensägewespe. Obst- und Gemüsebau **82**, 1936, 59—60.

[4]) Peters, G., Chemie und Toxikologie der Schädlingsbekämpfung. Ferd. Encke, Stuttgart 1936.

[5]) Massute, F., Beitrag zur Kenntnis der chemischen Bestandteile von *Quassia amara L.* und *Picraena excelsa Linds.* Arch. Pharm. **228**, 1890, 147—171; Chem. Ztrbl. 1890, I, 866.

[6]) Mc. Indoo, N. E., and Sievers, A. F., Quassia extract as a contact insecticide. Journ. of Agric. Res. **10**, 1917, 497—531 (48 Lit.-Zitate).

[7]) Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. Flugbl. Nr. 46 der Biol. Reichsanst. 18. Aufl. Mai 1937.

Nach Thiem[1]) läßt man 3 kg Quassiaspäne in etwa 30 l Wasser mehrere Stunden einweichen, 1 Stunde kochen, seiht den Auszug durch, setzt Schmierseifenlösung (1/4 kg in 10 l heißem Wasser gelöst) zu und ergänzt die Mischung auf 100 l Spritzbrühe.

### 3. Anwendung von Quassia

Anwendung findet Quassiabrühe, meist unter Zusatz von Seife als Quassiaseifenbrühe, zur Bekämpfung saugender Insekten, vornehmlich von Blattläusen. Für Raupen und andere beißende Insekten reicht die insektizide Wirkung nicht aus. Eine besondere Anwendung hat es gegen Pflaumensägewespe gefunden, wo es die schlüpfenden Larven gut abtötet. Ältere Literaturangaben zeigen, daß es auch als Giftköder gegen Fliegen und gegen Eingeweidewürmer angewendt wurde.

### 4. Giftwirkung von Quassia

Die insektizide Wirkung wurde von Mc Indoo und Sievers als eine Nervengiftwirkung erklärt, die ähnlich dem Nikotin wirkt, oft allerdings ohne ein deutliches Exzitationsstadium zu bewirken. Die Schädlinge siechen — ähnlich wie bei Derrisgiften — langsam dahin. Die Giftwirkung gegen Pflaumensägewespe beschreibt Thiem dahingehend, daß neben der Abtötung der Eier die Larven beim und nach dem Schlüpfen unter Schockwirkung und Lähmung zugrundegehen, und daß auch Junglarven, die an mit Quassia behandelten Früchten fressen, noch vergiftet werden.

Wenn Quassia auch, in größerer Menge genommen, Tauben stark schädigen und bei Menschen — falsch angewandt — Blässe, Pupillenstarre, niedrigen Puls, schwache Atmung, Erbrechen und Bewußtlosigkeit hervorrufen kann, so ist es doch in den zur Schädlingsbekämpfung angewandten Konzentrationen völlig ungefährlich.

Als Nachteil ist zu vermerken, daß wegen des stark wechselnden Gehaltes des Ausgangsmaterials an wirksamen Bestandteilen die selbst hergestellten Brühen oft uneinheitlich und in der Wirkung unzuverlässig sind. Auch ist die Frage, wieweit Quassiahandelspräparate durch Zusätze bei längerer Lagerung unwirksam werden, noch offen.

## δ Meerzwiebel

### 1. Bedeutung der Meerzwiebel

Die Meerzwiebel war schon als Heil- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Altertum den Griechen und Römern und wahrscheinlich auch den Arabern und Ägyptern bekannt und wurde von ihnen auch benutzt. Im Mittelalter in Vergessenheit geraten, wurde sie von G. von Smieten 1750 wieder in die Medizin eingeführt.[2]) Wegen ihrer guten, für Nagetiere spezifischen Giftwirkung und

---

[1]) Thiem, H., Erfolgreiche Bekämpfung der Pflaumensägewespe mit Quassia. Die kranke Pflanze **14**, 1937, 59—65; Parker, W. B., Quassin as a contact insecticide. U. S. Dept. Agric. Bull. **165**, 1914.

[2]) Schander, R., u. Götze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Ztrbl. f. Bakteriol. II. Abt. **81**, 1930, 261—284, 335—367, 481—501.

ihrer weitgehenden Ungefährlichkeit für Menschen und Haustiere kommt ihr als Rattenbekämpfungsmittel große Bedeutung zu. Aus diesem Grunde wird sie zur Rattenbekämpfung an den von Großstädten durchgeführten Rattengroßkampftagen oft ausschließlich empfohlen oder vorgeschrieben.

### 2. Art und Vorkommen der Meerzwiebel

Die Meerzwiebel *(Bulbus scillae,* engl.: Spuill-Red Sea leck, franz.: scille maritime, Oignons de Mare*)* ist eine bis 2,5 kg schwere, bis 30 cm im Durchmesser messende, kugelige bis birnenförmige Zwiebel des in den Mittelmeerländern heimischen, mannshohen Liliengewächses *Urginea (Scilla) maritima.* Die vornehmlich in Algier, Kalabrien und Sizilien vorkommende rote Varietät ist giftiger als die oft fast unwirksame, in Griechenland und Malta häufige weißfleischige Varietät.

### 3. Wirksame Bestandteile der Meerzwiebel

Als wirksame Bestandteile sind von Merck 1879 folgende Giftstoffe isoliert worden: Scillipikrin (ein gelbes, amorphes hygroskopisches, leicht in Wasser lösliches, als schwaches Herzgift wirkendes Pulver), Scillatoxin (ein amorpher, zimmtbrauner, alkohollöslicher, äther- und wasserunlöslicher als starkes Herzgift wirkender Körper) und Scillin (ein hellgelber, kristallinischer, schwer in Äther, leicht in Alkohol löslicher, nicht als Herzgift wirkender Körper). Diese Stoffe, die noch nicht als einheitliche Verbindungen angesehen wurden, finden sich, neben anderen, in der Fachliteratur[1]) oft angegeben. Neuerdings gelang es Stoll[2]) aus der Meerzwiebel folgende Glykoside zu isolieren: Das Scillaren A, $C_{37}H_{54}O_{13}$ (Smp. 270°, $[\alpha]_D^{20} = -73{,}8°$ in 1—3%igen Lösungen in 75%igem Alkohol) läßt sich spalten in das „Genin“ Scillaridin A, $C_{25}H_{32}O_3$, 1 Mol Glukose und 1 Mol Rhamnose. In den Meerzwiebeln kommt ein Enzym, die Scillarinase, vor, die Scillarin ebenfalls leicht spaltet. Hierbei bleibt das Genin jedoch mit der Rhamnose verbunden. Die chemische Konstitution des Scillaridins ist noch keineswegs aufgeklärt. Der zweite der herzaktiven Stoffe ist das Scillaren B, ein weißes Pulver.

Zur technischen Reindarstellung der herzaktiven Glykoside vgl. Chem. Fabr. vorm. Sandoz (DRP. 448536).[3])

Weiter sind in der Meerzwiebel verschiedene Fruktosane (Scillin, Sinistrin) von verschiedenem Linksdrehungsvermögen vorhanden, deren Menge nach Colin und Chaudun[4]) mit dem Vegetationszyklus wechselt.

---

[1]) Koller, R., Das Rattenbuch. Hannover 1932; Saling, Th., Rattenbüchlein. Deleiter, Dresden 1928; Schander, R., u. Götze, G., s. S. 523.

[2]) Stoll, A., Suter, E., Kreis, W., Bussemaker, B. B., u. Hofmann, A., Die herzaktiven Substanzen der Meerzwiebel. Scillaren A. Helv. Chim. Acta **16**, 1933, 703, 1049; Stoll, A., Über Scilla- und Digitalisglukoside. Pharm. Acta Helv. **9**, 1934, 145.

[3]) Chem. Fabr. vorm. Saudoz, D. R. P. 448 536; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1866.

[4]) Colin, H., u. Chaudun, A., Das („Scillin“ der *Scilla maritima* und das Fruktosid der *Scilla nutans*.) Bull. Soc. Chim. viol. **15**, 1933, 1520—1526; Chem. Ztrbl. 1934, II, 447.

### 4. Anwendung der Meerzwiebel

Anwendung findet die Meerzwiebel als Nagetier-, insbesondere als Rattenbekämpfungsmittel. Die Meerzwiebel wird entweder frisch fein gehackt und mit den verschiedensten Nahrungs- und Lockspeisen (Fleisch, Fisch, Fett, Käse, Mehl, Eigelb, Anisöl, Fenchelöl usw.) zu Giftködern verarbeitet oder als fertig bezogene Extrakte auf Brotscheiben geträufelt oder als Pasten auf Brot gestrichen ausgelegt, oder als Pulver mit Speisen zu Ködern hergerichtet. Für die Herstellung geeigneter Giftköder bestehen sehr viele Vorschriften.[1])

### 5. Giftwirkung der Meerzwiebel

Die in der Meerzwiebel enthaltenden Glykoside wirken digitalis-ähnlich, zeigen also starke Herz- und Nierenschädigungen, sie bedingen Darm- und Nierenentzündungen und Herzlähmung.[2]) Die Tiere zeigen Erbrechen, Zittern, Krämpfe, Mattigkeit, Atembeschleunigung, Pulsverlangsamung, Lähmungen, Atemnot und Herzlähmung. Da die Annahme des Giftes durch die Ratten gut ist, wird meist eine ausreichende Menge aufgenommen, so daß die Tiere meist nach wenigen Stunden, oft allerdings auch unter großen Qualen erst nach mehreren Tagen eingehen. Als letale Dosen werden nach Koller 1—2 g der Meerzwiebelpräparate oder 5—10 g der frischen Meerzwiebel für mittelschwere Ratten angegeben. Schander und Götze[3]) fanden 0,2 g frischer Zwiebel oder 0,085 g trockene, pulverisierte Zwiebel je 100 g Körpergewicht als tötlich; nach ihren Ergebnissen muß der Giftgehalt der Köder 5—10% betragen, er darf aber 15% nicht überschreiten, da größere Mengen Abschreckung und Erbrechen verursachen. Gegen Mensch und Haustiere sind Meerzwiebel und Meerzwiebelpräparate durchaus nicht ungiftig. Die Dosis toxica und letalis werden nach Schander und Götze mit folgenden Zahlen deutlich gemacht:

| | Dosis toxica | Dosis letalis |
|---|---|---|
| Pferd . . . . . . . | 0,2 | — |
| Katze . . . . . . . | 0,25 | 0,2 |
| Hund . . . . . . . | 0,4 | 1,5 |
| Ratte . . . . . . . | 1,5 | 1,5 |
| Kaninchen . . . . . | 3,0 | 3,5 |
| Meerschweinchen . . | 5,0 | 6,0 |

Die Giftigkeit ist für andere Warmblüter also nicht geringer als für Ratten. Wenn trotzdem die Meerzwiebel für Mensch und Haustiere weitgehend ungefährlich ist, so liegt das in der für Ratten nicht bestehenden abschreckenden Wirkung der Meerzwiebel. Immerhin liegen in der Literatur einige Ausnahmefälle vor,

---

[1]) Koller, R., Saling, Th., Schander, R., u. Götze, G., s. S. 385, Fußnote 6; Reichsgesundheitsamt, Die Bekämpfung der Ratten und Hausmäuse. Merkblatt. 4. Aufl. Berlin 1930, Verl. Springer; Neumark, E., u. Heck, H., Über Rattenvertilgungsmittel. Ztrbl. f. Bakteriol. I. Abt. **87**, 1921, 39; Lustig, A., Zur Bekämpfung der Rattenplage. Die Prüfung des Rattengiftes. Ztrbl. f. Bakteriol. II. Abt. **65**, 1925, 307.

[2]) Lewin, L., Gifte und Vergiftungen. Berlin 1929.

[3]) Schander, R., Götze, G., Koller, R., u. Saling, Th., s. S. 385, Fußnote 6.

bei denen Haustiere (Schweine) Meerzwiebelpräparate gefressen haben und unter rotlaufähnlichen Krankheitserscheinungen eingegangen sein sollen.

Die Giftigkeit der Meerzwiebel für den Menschen kennt man aus medizinalen Vergiftungen, in denen zu stark wirkende Extrakte und Meerzwiebelsirup gegeben wurden. Die Symptome: Kratzen im Halse, Übelkeit, Erbrechen, Kolik, Durchfall, Blutharnen; Koma und Konvulsionen führen zum Tode.

Für die Giftwirkung ist die Lagerbeständigkeit der Präparate von Bedeutung. Frische Zwiebeln an trockenen Orten oder in Sand eingebettet, bleiben lange frisch. Meerzwiebelpulver sind beschränkt haltbar, gekocht nur 2 bis 3 Wochen. Nach Schander und Götze waren Pulver in gut schließender Büchse nach 15 Monaten kaum verändert, in schlecht schließender Büchse nur halb wirksam. Durch längeres Erhitzen über 100° C wird die Wirksamkeit zerstört. Feuchte Konserven waren nach 1 Jahr nur noch zu 33% wirksam, alkoholische Auszüge sind unbrauchbar, wässerige wenig toxisch. Zur Konservierung von Meerzwiebelpreßsaft empfehlen Schander und Götze Zusatz von Phenol oder 0,5% Salizylsäure, die die Aufnahme durch die Ratten nicht hindern sollen.

## 7. Alkohole, Ketone, Säuren, Ester, organische Schwefelverbindungen, Furane, Farbstoffe

Tert. Butylalkohol, $(CH_3)_3 \cdot C \cdot OH$, Smp. 25,5°, Sdp. 83° wurde im Gemisch mit $CCl_4$ als nicht entflammbares Vergasungsmittel in USA. patentiert.[1])

Azetonöle sind die Produkte der trockenen Destillation von technisch essigsaurem Kalk und stellen verwickelte Gemische zahlreicher Ketone vor. Nach Abtrennung des Azetons und Methyläthylketons verbleiben „leichtes oder weißes Azetonöl", Sdp. 70—120° und „schweres oder gelbes" Sdp. 120—250°, die in den höheren Anteilen nur Ringketone enthalten.

Azetonöle dienen vielfach als Holzkonservierungsmittel. Als Insektizid benutzt man sie zur Bekämpfung von Blutläusen und anderen Insekten.[2]) Chloriertes Azetonöl mit weniger als 10% gebundenem Chlor wurde für Pflanzenschutzzwecke patentiert.[3])

Essigsäure, $CH_3 \cdot COOH$, wasserlösliche, stechend riechende Flüssigkeit vom Smp. 16,7° und 118°. Wasserfrei auch Eisessig genannt. Essigsäure ist nach Bokorny[4]) 1% siedend bei 1—2 Minuten langer Tauchzeit zur Samendesinfektion von Gerste, Linsen, Kressen geeignet. Die von Wisniewsky[5]) in Wilna festgestellte Brauchbarkeit 2, 3 und 4% Essigsäure gegen Hirsebrand bei nachfolgender Kalkhydratbehandlung der Samen gilt nach Köck[6]) nicht für Getreidesorten wegen damit verursachter beträchtlicher Keimschädigungen des Korns. Essigsäure 1—1,2% als Bodendesinfiziens, 25 l je qm, verhindert nach Doran[7]) den Befall der 7—14 Tage nach der Bodenbehandlung zu setzenden Pflanzen mit Pilz- und Bakterienkrankheiten.

---

[1]) A. P. 1920026; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3910.

[2]) Wedekind, E., Chemie und Pharmakologie der modernen Schädlingsbekämpfungsmittel Mitt. Forstwirtsch. Forstwissensch. **1**, 1930, 595.

[3]) D. R. P. 540813.

[4]) Bokorny, Th., Einige orientierende Versuche über die Behandlung der Samen mit Giften zu Zwecken der Desinfektion. Biochem. Ztschr. **62**, 1914, 58.

[5]) Wisniewsky, P., Der Einfluß der Essigsäure auf die Bekämpfung des Hirsebrandes *(ustilago panici miliacei)* und auf die Keimfähigkeit der Hirsekörner. Ref. Chem. Ztrbl. 1929, II, 1964.

[6]) Köck, G., Essig als Saatgutbeizmittel? Fortschr. d. Landw. **7**, 1932, 226—227.

[7]) Doran, W. L., Acetic acid as a soil disinfectant. Journ. Agr. Res. **36**, 1928, 269—280.

Über Naphthensäuren und Naphthenseifen vgl. Naphthali.[1]) Chemische Einzelheiten über Naphthensäuren im Kap. Netzmittel, S. 535.

Harzsäuren, die chemisch noch nicht völlig klargestellten, kompliziert zusammengesetzten Bestandteile der Harzöle (Destillate aus Harzen wie Fichtenharz) bilden mit Alkalien und Ammoniak die sog. Harzölseifen. Diese dienen als Insektizide meist nur im Gemisch mit gewöhnlichen Seifen. Harzölseifen, die neben Seife natürliche Harze oder Harzöle oder künstliche Harze enthalten, sind in zahlreichen Präparaten im Handel und werden vorwiegend gegen Blattläuse und Raupen benutzt. Harzsäuren sind auch Bestandteile vieler Raupenleime. Vgl. darüber S. 529.

Barrit[2]) bereitet eine gegen schwarze Schildläuse auf Citrus wirksame Harzölseife durch Erhitzen von 3 Teilen Rizinusöl mit 1 Teil Harz bis zum Auflösen der letzten und Eingießen der Mischung in 50 Teile Wasser mit 1 Teil starkem $NH_3$. „Pineol soluble", die „dritte Fraktion" der Fichtenöldestillation, verwendet Headlee[3]) in teilweise verseiftem Zustand mit Zusätzen wie p-Nitrochlorbenzol (0,23 kg auf 1,14 l) und p-Dichloridbenzol 0,45 kg auf 1,14 l verdünnt mit Wasser 1 : 1 als Pinselmittel gegen Obstmaden.

Salizylsäure, o-Oxybenzoesäure, $C_6H_4(OH)COOH$, farblose Nadeln vom Smp. 155°, in 400 Teilen Wasser löslich, fanden Hermann und Neiger[4]) in 0,05%iger wässeriger Lösung gegen *Tilletia tritici* gut wirksam, weniger dagegen die Salze der Salizylsäure mit Ausnahme des Cu-Salzes.

Die höheren Fettsäuren halten Tattersfield und Gimingham[5]) als Insektizide für wichtig. Ihre Toxizität nimmt bis zu den 12- und 13-Karbonsäuren (Laurin- und Tridekansäure) zu und verschwindet wieder von der 14-Säure (Myristinsäure) ab. Die Na- und $NH_4$-Salze sind weniger giftig als die Säuren. Den höchsten insektiziden Wert aller untersuchten Säuren hatte die Undecylensäure, toxisch wirkte auch die Ölsäure im Gegensatz zur Stearinsäure.

Die Salze der höheren Fettsäuren heißen Seifen. Als Insektizidseife dienten in 0,5—2% Lösungen oder 2—3% Seife und 3—6 %Spiritus enthaltenden Spiritusseifenlösungen gegen Blattläuse aller Art, als Fungizid (0,15%) in Mischung mit den üblichen Brühen gegen Graufäule der Trauben. Wie weit die für freie Säuren von Siegler und Popenoe sowie Tattersfield und Gimingham beschriebenen Verhältnisse für Seifen maßgebend sind, ist zweifelhaft. Nach den letzten Autoren sind die Natriumsalze der besonders insektiziden Säuren viel weniger insecticid, als die entsprechenden freien Säuren, während der Unterschied sich bei Ammoniumsalzen weniger zeigt.

An *Popillia japonica* untersuchten van der Meulen und van Leeuwen[6]) die Wirkung der Kali- und Natronseifen zahlreicher Öle, wobei sich erstaunliche Unterschiede ergaben. Für die Kaliseifen nahm die Wirkung in der Reihenfolge ab:

---

[1]) Naphthali, M., Naphthensäuren und Naphthensulfosäuren. Fettchem. Umschau **40**, 1934, 149—151, 176—179. 219—223; Chem. Ztrbl. 1934 I, 3417.

[2]) Barrit, N. W., A new spray for scale-insects on citrus in Egypt. Bull. Ent. Res. **20**, 1929, 44.

[3]) Headlee, J. T., An operation in practical control of codling moth in a heavily infested district — third and final report. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 89—97.

[4]) Hermann, S., u. Neiger, R., Untersuchungen über die fungizide Wirkung von Salizylsäure und Salizylsäureverbindungen auf *Tilletia tritici*. Ztrbl. Bakter. Parasitenkunde, Abt. II, **90**, 258.

[5]) Tattersfield, F., u. Gimingham, C. T., Journ. Soc. chem. Ind. **46**, T 368—372.

[6]) van der Meulen, P. A., and van Leeuwen, E. R., A study on the insecticidal properties of soaps against the Japanese beetle. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 812.

Palmöl, Rindertalg, Kokosnußöl, Hammeltalg, Kakaobutter, Schweineschmalz, Baumwollsamenöl, Sojabohnenöl, Maisöl, Ölsäure, Olivenöl, Leinöl, Japanwachs, Biberöl, Rüböl, Walfischöl, Kabeljauleberöl.

Reifeverzögerungen bei Verwendung von Seife in Verbindung mit Nikotin und Kupferkalkbrühe sind nach großen Parallelversuchen an verschiedenen Weinbauinstituten bei Benutzung der jetzt üblichen Mengen von 0,15—0,2% Schmierseife nicht zu befürchten. Weder Leinölschmierseife, noch Harzölseife noch Kottonölschmierseife haben bei den Versuchen Reifeverzögerungen hervorgerufen. Die früher beobachtete Reifeverzögerung im Weinbau wird darauf zurückgeführt, daß früher wesentlich höhere Schmierseifemengen, 0,5% und mehr, genommen wurden, und daß vielleicht auch die Tabakextrakte früher schädliche Füllstoffe enthielten. In diesen Fällen könnte nach Zillig[1]) die reifeverzögernde Wirkung durch eine allzu dichte, Atmung und Assimilation erschwerende, Umhüllung der grünen Rebteilchen mit Spritzbrühe hervorgerufen werden.

Die insektizide und fungizide Wirkung der Seifenlösungen ist durch mehrere Faktoren bedingt, hauptsächlich aber durch die Ätzwirkung der in verdünnten Lösungen vorhandenen alkalischen fettsauren Salze und weiter auf die starke Benetzungsfähigkeit und zugleich leichte Absetzbarkeit der dadurch mechanische Verstopfungen an lebenswichtigen Organen der Schädlinge bewirkenden sauren Salze der Lösungen.

Von Estern der niederen Fettsäuren kommen für die Schädlingsbekämpfung in erster Linie Methyl- und Äthylester der Ameisensäure, Essigsäure und Cyanameisensäure in Frage.

Methylformiat, Ameisensäuremethylester, $H \cdot COOCH_3$, farblose, angenehm riechende Flüssigkeit vom Sdp. 32°, ist ein für Menschen verhältnismäßig harmloses Begasungsmittel, das neuerdings auch zur Durchgasung von Getreidesilos viel verwendet wird.[2]) Es ist brennbar, aber im Gemisch mit Luft nicht explosiv, ferner unschädlich für Lebensmittel, Getreide, Farben.

Cyanameisensäuremethylester, Cyankohlensäuremethylester, $CN \cdot COOCH_3$, Sdp. 97°, D = 1,08, Litergewicht des Dampfes 3,53 g, und Cyanameisensäureäthylester, $CN \cdot COOC_2H_5$, Sdp. 116°, D = 1,014, Litergewicht des Dampfes 4,12 g, aus Chlorameisensäureester und NaCN erhältlich, wurden mit einem als Reizstoff dienenden Zusatz von 10% Chlorameisenester als vorzügliches, die Blausäure übertreffendes Begasungsmittel verwandt. Die Ester dienten im Weltkriege als Kampfstoffe.

Ester aromatischer Oxykarbonsäuren und auch gewisse Benzoesäureester, besitzen erhebliche insektizide Wirkung.[3])

Fette Öle sind (im Gegensatz zu anderen, z. B. den ätherischen und den Mineralölen) die flüssigen Glyzerinester der höheren Fettsäuren (Glyzeride, Triglyzeride). Da sie von den (festen) Fetten nur durch den Aggregatzustand unterschieden sind, läßt sich eine scharfe Grenze zwischen Fetten und Ölen nicht ziehen. Man unterscheidet die sehr zahlreichen pflanzlichen fetten Öle und (weniger zahlreiche) tierische Öle. Trane im weiteren Sinne sind die Öle der Seetiere, im engeren Sinne die der Seesäugetiere. Fische liefern Fischleber-

---

[1]) Zillig, H., Ein Zusatz von Nikotin und Schmierseife zu Kupferkalkbrühe in den üblichen Mengen wirkt nicht reifeverzögernd! Weinbau uno Kellerwirtschaft **11**, 1932, 59—64.

[2]) Frickhinger, H. W., Gase in der Schädlingsbekämpfung. Berlin 1933, S. 13—17.

[3]) Vgl. z. B. D. R. P. 610409; Chem. Ztrbl. 1935, II, 270; D. R. P. 616770; Chem. Ztrbl. 1935, II, 3287; Can. P. 334775; Chem. Ztrbl. 1935, II, 1596; A. P. 2000004; Chem. Ztrbl. 1935, II, 3696.

trane und Fischtrane (Fischöle, Fischkörperöle). Eine Beschreibung und chemische Kennzeichnung vieler technisch wichtiger Öle bringt Ullmann.[1])

Fette Öle sind die natürlichen Ausgangsmaterialien für Fettsäuren und ihre Seifen, werden aber auch selbst für verschiedene Zwecke im Pflanzenschutz benutzt. Emulsionen mit 1,7% Leinöl und 0,17% Schmierseife dienen nach Trappmann[2]) gegen Spinnmilben, mit 4,5% Leinöl und 0,56% Seife in USA. gegen Blutläuse, mit 0,5—1% Erdnußöl und 1,5% Kernseife nach Balachowsky[3]) gegen Blattläuse. Staniland[4]) hält Rüböl insektizid für geeigneter als Leinöl, weil dieses als trocknendes Öl zu schnell lackartig erstarrt.

Fungizide Eigenschaften spricht Martin[5]) pflanzlichen Ölen in folgenden Konzentrationen bei Zugabe von 0,5% Schmierseife zu: Baumwollsaatöl 0,25 bis 0,5%, Sesamöl 0,25—0,5%, Rapsöl 2% (nicht bei 1%) Olivenöl, 0,5% (nicht bei 0,25%), Pfirsichkernöl 0,5—1%, Rizinusöl 2—4%.

Mit Agral I (0,25 %), einem besonderen, neutralen Emulgator, fanden Martin und Salmon[6]) Pflanzenöle in 0,5—1 %iger Glyzeridkonzentration fungizid wirksam gegen Hopfenmehltau. Die Emulsionen waren jedoch für die Praxis nicht haltbar genug. Alkalische Emulgatoren erwiesen sich hier als ganz ungeeignet, Kupferkalkbrühe als Emulgator dagegen verwendbar.

Pflanzenöle, wie Terpentinöl, Rizinusöl, Leinöl, Rüböl, fettes Lorbeeröl, tierische Öle, wie Schweineschmalz, Tran, Talg, Harze, neben Teer- und Mineralölfraktionen sowie Rückständen davon (hochviskosen sirupdicken Naphthasätzen) dienen zur Bereitung von Raupenleim. Die wichtigsten Eigenschaften der Raupenleime sind ihre Klebefähigkeit und Fängigkeit. Nach Mayer[7]) soll bei Sonnenwärme, bei Kälte, bei trockener Luft und bei Regen Raupenleim während 3—5 Monaten stets butterweich bleiben. Nach Gleisberg[8]) ist zwischen gelbem bis dunkelgelbem und dunkelbraunem Raupenleim zu unterscheiden. Den ersten kommt eine wesentlich bessere Klebfähigkeit zu. Trappmann[9]) trennt in helle Raupenleime, die durch Auflösen von Harzen (Kolophonium, Fichtenharz, venezianischem Terpentin usw. in Ölen (Terpentinöl, Rizinusöl, Leinöl usw.) hergestellt werden; in helle bis helldunkle Raupenleime, die durch Zusammenschmelzen von Schmalz- und Fettresten mit öligen, wachsartigen oder auch harzigen Beimengungen entstehen, und in dunkle Raupenleime, die Teerprodukte (Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Holzteer, Pech) als Hauptbestandteile enthalten. Er hebt die gute Fängigkeit der hellen Leime hervor, hält aber auch die dunklen Leime, sofern sie in dicker Schicht aufgetragen werden, für brauchbar. Eine Zusammenstellung über bekannte Rezepte und über Patentschriften für Raupenleime geben Gleisberg und Mentzel.[10])

---

[1]) Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 225—249.

[2]) Trappmann, W., Erprobte Mittel geg. tierische Schädlinge. Flugblatt d. B.R.A. 165—169.

[3]) Balachowsky, A., (Über die insektizide Kraft von Emulsionen pflanzlicher Öle bei der Bekämpfung kulturfeindlicher Aphiden.) Bull. mat. grasses **15**, 1931, 274; Compt. rend. Ac. agric. France **17**, 1931, 676—682.

[4]) Staniland, L. N., Oil sprays for spring and summer use. Long Ashton. Ann. Rpt. **1926**, 78—81.

[5]) Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray fluids, 8. The fungicidal properties of mineral, tar and vegetable oils. J. agric. Sci. **21**, 1931, 638—658.

[6]) Martin, H., and Salmon, E. S., The fungicidal properties of certain spray fluids. X. Glyceride oils. Journ. agric. Sci. **23**, 1933, 228—251.

[7]) Mayer, H., Raupenleime. Der chemischtechnische Fabrikant, Beiblatt der Seifensieder-Ztg. **53**, 1926, 11—12; Chem. Ztrbl. 1926, II, 316.

[8]) Gleisberg, W., Bewährung von Raupenleimen. Dtsch. Obst- u. Gemüsebauztg. (Sondernr.) **70**, 1924, 154—155.

[9]) Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung, 1927, 290—291. Bewährte Raupenleime s. Flugbl. 165—169 der Biol. Reichsanstalt.

[10]) Gleisberg, W., u. Mentzel, F., Zur Methode von Raupenleimprüfungen im Freilandversuch. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. **41**, 1931, 481—518.

Kolophonium, ein je nach der Reinheit fast farbloses bis tiefbraunschwarzes Harz vom Smp. 90—100°, Sp. Gew. 1,07—1,09, mit dem Hauptbestandteile Abietinsäure, $C_{19}H_{29}$ · COOH ist die Grundlage einiger Raupenleime und, in Spiritus gelöst, durch die Klebrigkeit des Rückstandes als Blutlausmittel geeignet.

Das bei Baumveredelungen zu verwendende Baumwachs besteht hauptsächlich aus Fichtenharz, Fett und Pflanzenölen. Man unterscheidet zwischen warm- und kaltflüssigem Baumwachs. Handelssorten letzter Art hält Gaucher[1]) zuweilen für pflanzengefährlich. Gaucher benutzt warmflüssiges Wachs aus 76,5% gereinigtem Fichten- oder Tannenharz, 5% schwarzem Pech, 3% Hammeltalg, 5% Wachs, 10% fein gesiebter Holzasche, 0,5% rotem Ocker; kaltflüssiges aus den genannten Stoffen und etwa 20% Spiritus.

Thiocyanate, R · SCN, und Isothiocyanate, R · NCS, sind allem Anschein nach eine aussichtsreiche Gruppe unter den neueren Insektiziden. Aliphatische Thiocyanate sollen in der Wirkung auf Mehlkäfer Pyrethrum und Nikotin übertreffen.[2])

Der I. G. Farbenindustrie[3]) sind aromatische Schwefeläther mit Rhodanresten, der Schering A. G.[4]) aromatische Thiocyanate, ferner[5]) Rhodanketone patentiert. Über Nikotinylisothiocyanat vgl. Douglas und Forman.[6])

Vergleichende Untersuchungen über die insektizide Wirkung verschiedener Thiocyanate haben u. a. Wilcoxon und Hartzell[7]) sowie Bousquet, Salzberg und Dietz[8]) angestellt. Besonders hohe Wirksamkeit vor allem gegen rote Spinne kommt dem $\beta$-Butoxy-$\beta'$-thiocyandiäthyläther zu.[9]) In USA. sind Fertigpräparate aus aliphatischen Thiocyanaten bereits im Handel („Lethane").

Phenothiazin (Thiodiphenylamin) aus 1 Teil Diphenylamin und 2 Teilen Schwefel

S

NH

bei 180° unter der katalytischen Wirkung von Jod leicht erhältlich, bildet hellgelbe, bei 180° schmelzende, in Wasser und organischen Mitteln schwer lösliche Kristalle. In verschiedentlichen Prüfungen[10]) hat es sich als sehr wirksames, dem Bleiarsenat zum Teil deutlich

[1]) Gaucher, N., Handbuch der Obstkultur. Parey Berlin, 1902, 105.

[2]) Ind. and Engin Chemistry **25**, 1933, 638.

[3]) D. R. P. 506085.

[4]) D. R. P. 548189.

[5]) D. R. P. 553856.

[6]) Douglas, J. B., u. Forman, L. E., (Nikotinyl-isothiocyanat u. einige seiner Derivate.) Journ. Am. Chem. Soc. **56**, 1934, 1609; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2833.

[7]) Wilcoxon, F., and Hartzell, A., Organic thiocyanogen compounds as insecticides. Contr. Boyce Thompson Inst. **6**, 1934, Heft 3; **7**, 1935, Heft 1.

[8]) Bousquet, E. W., Salzberg, P. L., u. Dietz, H. F., (Neue Kontaktinsektizide aus Fettalkoholen). Ind. and Engin. Chemistry **27**, 1935, 1342—1344. Ref. chem. Ztrbl. 1936, I, 3392.

[9]) Murphy, D. F., Insecticidal activity of aliphatic thiocyanates III. Red spiders and mites. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 606—611.

[10]) Vgl. z. B. Campbell, F. L., Sullivan, W. N., Smith, L. E., and Haller, H. L., Insecticidal tests of synthetic organic compounds-Chiefly tests of sulfur compounds against Culicine mosquito larvae. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 1176—1185; Siegler, E. H., and Smith, L. E., Phenothiazine, a promising new insecticide. Journ. econ. Entom. **28**, 1935, 727—728; Hartzell, A. and Wilcoxon, F., Chemical and toxicological studies on organic thiocyanates. Contrib. Boyce Thompson Inst. **7**, 1935, 499; Thomas, C. A., Status of the tomato pin Worm *(Gnorimoschema lycoqersicella Busck)* in Pennsylvania. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 313—317; Smith, L. E., U. S. Dep. Agr., Bur. Ent. E **399**, 1937, 11 S.

überlegenes Insektizid erwiesen. Keines der geprüften Thiazinderivate erreichte die Wirksamkeit der Stammsubstanz. Auch Phenoxthin, das Sauerstoffanaloge, zeigte eine gegenüber dem Phenothiazin abgeschwächte Wirkung. Schon die Methylierung des Thiazins am Stickstoff beraubt die Verbindung fast gänzlich ihrer larviziden Wirksamkeit.

Leider steht eine gewisse Zersetzlichkeit des Phenothiazins seiner praktischen Verwendung etwas hinderlich im Wege. Die besonders im Sonnenlicht starke Oxydation ließ sich durch Antioxydantien (β-Naphthol oder Hydrochinon), Reduktionsmittel (Merkaptobenzthiazol) oder ultraviolettabsorbierende Stoffe (Michlers Keton) hintanhalten, was sich äußerlich durch Verhinderung des Schwarzwerdens bemerkbar macht. Am brauchbarsten war ein Zusatz von 5% β-Naphthol.[1])

Als fraßabschreckende, dabei völlig pflanzenunschädliche Stoffe von ausgezeichneter Wirkung erwiesen sich die Thiuramsulfide und -disulfide ($R_2N$-CS-S-CS-$NR_2$ bzw. $R_2N$-N-CS-S-S-CS-$NR_2$), von denen aliphatische, aromatische und heterozyklische Vertreter geprüft wurden. Am besten bewährten sich aliphatische, besonders Tetramethylverbindungen.[2])

Billiger als Thiuramsulfide lassen sich die ihnen nahe verwandten Dithiokarbaminate, $R_2N$-CS-SMe (Me = Metall oder organische Base, wie Piperidin oder Guanidin), herstellen. Die wirksamsten unter ihnen (anscheinend Ferri- und Cupridimethyldithiokarbaminat) erreichen allerdings nicht die Abschreckwirkung der besten Thiuramsulfide.

32 verschiedene Furanderivate wurden von Gilman, Heckert, Hewlett und Dickey[3]) an Fliegen auf insektizide Wirkung geprüft. Zur Brauchbarkeit des Furfurols als Schädlingsbekämpfungsmittel vgl. The Quaker Oats Comp.[4])

Malachitgrün, Safranin, Brillantgrün und Kristallviolett erwiesen sich nach Campbell[5]) als starke Fraßgifte, die am besten mit Pb- und Ca-Arsenaten und Bentonit vermischt werden sollen.

Über die fungizide Wirkung verschiedener Farbstoffe berichtet Meyer.[6]) Die Heilung der Obstbäume von pilzlichen und bakteriellen Krankheiten durch Injektion von Farbstoffen wird teilweise für möglich gehalten, teilweise bestritten. Ein praktisch zu verwertendes Verfahren hat sich bis jetzt aus Untersuchungen darüber nicht entwickeln lassen.

Auf weitere mehr oder minder verwickelte organische Verbindungen, die in neuester Zeit als Pflanzenschutzmittel vorgeschlagen worden sind, kann hier nur noch kurz hingewiesen werden.[7]) Vgl. hierzu den Fortschrittsbericht von Neu[8]), und die zum Teil recht umfangreichen Untersuchungen von Guy[9]), Fink und Smith[10]), sowie Ginsburg und Cavallito.[11])

---

[1]) Guy, H. G., Investigation of organic compounds as insecticides. Bull. Del. agr. Exp. Stat. **206**, 1937, 60 S.

[2]) Guy, H., G., ebenda.

[3]) Gilmann, H., Heckert, L. C., Hewlett, A. P., and Dickey, J. B., The insecticidal action of some furan compounds. Jowa State Coll. Journ. Sci. **7**, 1933, 419—428; Chem. Ztrbl. **1933**, II, 3126.

[4]) Chemic. Bull. **21**, 1934, 115.

[5]) Campbell, F. L., Preliminary experiments on the toxicity of certain coal tar dyes for the silkworm. Journ. econ. Entom. **25**, 1932, 905—913.

[6]) Meyer, A., (Über die Anwendung von Farbstoffen und verschiedenen organischen Substanzen im Kampfe gegen Pilzkrankheiten, besonders gegen den Rebenmehltau.) Rev. viticult. **77**, 1932, 117—120; Chim. et Ind. **28**, 1932, 263—266.

[7]) D. R. P. 580678; 583344; 597613; A. P. 1880404; 1894604; 1907493; 1928257; Ö. P. 125712; 130651; 134283; E. P. 377530; F. P. 746258; Can. P. 322923.

[8]) Neu, R., Über Fortschritte und gegenwärtigen Stand der Schädlingsbekämpfung mit chemischen Stoffen. Chem. Ztg. **59**, 1935, 333.

[9]) Guy, H. G., Investigation of organic compounds as insecticides. Bull. Del. agr. Exp. Stat. **206**, 1937, 60 S.

[10]) Fink, D. E., and Smith, D. L., Toxicity of certain azo compounds to mosquito larvae. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 804—805;

[11]) Ginsburg, J. M., and Cavallito, Ch. J., Arsenical substitutes II. Some relationship between molecular structure and toxicity of organic compounds to the silkworm, *Bombyx mori*. Journ. econ. Entom. **29**, 1936, 856—859.

## *III. Beistoffe*

### 1. Netzmittel, Emulgatoren, Schutzkolloide, Haftstoffe

Die Stoffe dieser Gruppe sind physikalisch mit wenigen Ausnahmen (z. B. arabisch. Gummi) durch ihre oberflächenspannungserniedrigende, kapillar-aktive Wirkung gekennzeichnet. Sie haben als Netzmittel die Aufgabe, den Lösungen von Pflanzenschutzstoffen gutes Benetzungsvermögen auch an wasserabstoßenden fettigen, wachsigen, haarigen Oberflächen von Pflanzen und Tieren zu erteilen und dadurch gleichmäßigeres und länger andauerndes Haften der Flüssigkeit zu bewirken. Den Emulgatoren und Suspensionsmitteln kommt die Aufgabe zu, an sich unlösliche oder schwer lösliche Giftstoffe und Beistoffe in einem flüssigen Verdünnungsmittel, meistens Wasser, kolloidal löslich zu machen, d. h. ihnen hinreichende Schwebefähigkeit zu erteilen. Man spricht von Emulgatoren, wenn Flüssigkeiten kolloid verteilt werden sollen, von Suspensionsmitteln, wenn feste Teilchen zu längerem Schweben zu bringen sind. Da viele dieser Hilfsmittel selbst Kolloide sind und ihre Schutzwirkung eben diesem Umstande verdanken, spricht man auch von Schutzkolloiden. Sie sind durch die Fähigkeit ausgezeichnet, andere Kolloide, die an sich wenig widerstandsfähig gegen Elektrolyte sind, beständiger zu machen, also ihre Flockungstendenz zu verringern. Man kann sich ihre Wirkung ungefähr so vorstellen, daß die Teilchen wenig beständiger Suspensionen und Emulsionen von den Teilchen der sehr beständigen Schutzkolloide umhüllt und so stabilisiert werden. Viele dieser Stoffe müssen in doppeltem Sinne wirken, nämlich erstens als Verteilungs-(Emulsions- oder Suspensions-)mittel und zweitens noch als Netzmittel für die gesamte Lösung.

Oft haben die feinen festen Rückstände der Spritzmittel, die nach dem Eintrocknen auf Blatt- und sonstigen Oberflächen zurückbleiben, unter dem Einfluß von Wind und besonders Regen nicht genügende Haftfestigkeit und damit Dauerwirkung. Vielfach müssen den Spritzmitteln deshalb besondere Haftstoffe zugesetzt werden, welche die festen Teilchen des Spritzrückstandes förmlich auf dem bespritzen Gegenstand festzukleben haben. Hierfür sind naturgemäß in erster Linie Kolloide geeignet, die, einmal eingetrocknet, nur geringe Wasserlöslichkeit besitzen. Wegen ihrer kolloiden Natur dienen aber vielfach auch Netz- und Schwebemittel als Haftstoffe, so daß keine ausgesprochene Trennung zwischen Netzmitteln, Emulgatoren und Haftstoffen durchzuführen ist.

Allgemein läßt sich sagen, daß hauptsächlich typische Emulsionskolloide (lyophile Kolloide), die in den meisten Fällen stark solvatisierte Teilchen enthalten und oberflächenspannungserniedrigend wirken, als Schutzkolloide bzw. Schwebemittel brauchbar sind, weniger dagegen die schwach solvatisierten Suspensionskolloide, da diese kaum oberflächenaktiv sind. Von großem Einfluß auf die Oberflächenaktivität der Kolloide ist der Elektrolytgehalt und damit der H-Ionengehalt. Ihre größte Wirkung auf die Oberflächenspannung erreichen manche Kolloide nur bei einem bestimmten $p_H$-Wert.

Zu den einfacheren unter den hier behandelten Stoffen gehören Triäthanolamin, ölsaure und andere fettsaure Salze (Seifen) und die sog. sulfonierten Öle (Türkischrotöl, Sulfitablauge und andere mehr). Komplizierterer Natur sind Gerbsäure, die Saponine, Kohlehydrate (Stärke, Dextrin, Gummi, Agar und Pflanzen-

schleime) und die Proteine (Kasein, Leim, Gelatine). Als Beispiel für anorganische Schwebemittel sei Bentonit, eine bestimmte Art von plastischem Ton, genannt.

Nach Hamilton[1]) unterscheiden sich die Oberflächenspannungen der gewöhnlichen Hilfsmittel wie Kaseinkalk, Leim, Saponin, trockenes kalkhaltiges Milchpulver, Mehl und Stärkekalkgemisch nicht wesentlich voneinander.

Die Oberflächenspannungen nehmen von 1,0—0,25% der Lösungen schwach zu und steigen dann schneller. Die günstige Wirkung mancher Netz- und Schwebemittel, wie z. B. Gelatine, kann nach Woodman zum Teil auch auf der beträchtlichen Viskositätserhöhung beruhen, die sie den Lösungen erteilen.

### α) Carbon- und sulfonsaure Salze

Seifen bestehen aus einem Gemisch von Alkalisalzen verschiedener höherer Fettsäuren, im weiteren Sinne auch Harzsäuren und Naphthensäuren. Feste Seifen sind meist Natronsalze, Schmierseifen dagegen Kalisalze. Ein geringer Gehalt der Kaliseifen an Natriumsalzen und an Karbonat ist zur Erhaltung der salbenartigen Beschaffenheit der Seife auch im Sommer notwendig.

Als Rohstoffe für die Seifenbereitung dienen Pflanzenöle wie Palm-, Palmkern-, Kokos-, Erdnuß, Cotton-, Sojabohnen, Rüb-, Lein- und Hanföl, daneben Fischöl oder tierische Fette wie Talg, Tran, der oft zunächst zwecks Entfernung des ihm anhaftenden üblen Geruchs und Absättigung bestimmter ungesättigter Säuren einem Härtungsverfahren unterworfen wird.

Seifen enthalten entsprechend der Zusammensetzung der zu ihrer Herstellung verwendeten Öle und Fette stets verschiedene Säuren, wie Palmitinsäure, $C_{16}H_{32}O_2$, Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$ Ölsäure $C_{18}H_{34}O_2$ (hauptsächlich im Tran und Fischöl), Linolsäure $C_{18}H_{32}O_2$, Linolensäure $C_{18}H_{30}O_2$ (beide hauptsächlich in trocknenden Ölen wie Lein- und Hanföl), Erukasäure $C_{22}H_{40}O_2$ (hauptsächlich im Rüböl), daneben Oxysäuren und Fettsäuren mit niedrigerem C-gehalt bis $C_6$ herunter (in Palmölen). Auch bei Verarbeitung gleicher Arten Öl fällt die Zusammensetzung der Seife je nach den Wachstumsbedingungen der Öl liefernden Pflanzen und je nach Gewinnung und Behandlung der Öle verschieden aus.

Da die Seifen als Zusätze zu Spritzmitteln für Verwendung im großen möglichst billig sein müssen, kann man zu ihrer Herstellung nicht immer von so reinen tierischen und pflanzlichen Ölen ausgehen, wie dies bei Feinseifen geschieht. Man verwendet dafür vielmehr oft die billigsten Öle: Kottonöl, Leinöl, Hanföl, Sojabohnenöl, im Ausland vielfach auch Fischtrane, insbesondere Walfisch- und Heringtrane. Auch Harzsäuren sind als Säurekomponente sehr beliebt. Echte Seifen liegen in den „Harzseifen" nicht vor; sehr oft werden sie aber echten Seifen beigemischt. Im Pflanzenschutz hat sich der Ausdruck Kottonölschmierseife als Begriff für reine, aus natürlichen Pflanzenölen, meist Baumwollsamenöl, aber nicht durch irgendwelche besonderen Kunstgriffe wie Chlorierung, Härteverfahren und andere Maßnahmen während des Herstellungsprozesses gewonnene Schmierseife eingebürgert.

Schmierseifen sind braun oder grün, besitzen den Geruch des angewandten Öls und enthalten wenig Ätzalkali sowie etwas mehr Alkalikarbonat. Durch Wasser werden die Seifen hydrolytisch in schwer lösliche saure und in leicht lösliche basisch fettsaure Salze zerlegt. Der Grad der hydrolytischen Spaltung der gelösten Seife hängt ab von der Menge und Temperatur des Lösungswassers sowie von der Natur der in der Seife vorhandenen Fettsäuren.

---

[1]) Hamilton, C. C., The relation of the surface tension of some spray materials to wetting and the quantity of lead arsenate deposited. Journ. econ. Entom. **23**, 1930, 238.

[2]) Woodman, R. M., The physics of spray fluids. The properties of wetting and spreading. Journ. Pom. Hort. Sci. **4**, 1924, 38—58.

Restlos löslich (kollodial) sind sie nur in wenig (heißem) Wasser, während sich mit viel kaltem Wasser saure Salze ausscheiden. Beim Erwärmen verschiedener Lösungen tritt Wiedervereinigung der Salze unter Bildung von Verbindungen ein, die den anfänglichen nicht voll entsprechen. Alkalistearat zerfällt leichter als Alkalipalmitat; Alkalioleat löst sich ferner viel leichter als Stearat und Palmitat. Kalzium- und Magnesiumsalze, die in harten Wässern in nennenswerter Menge vorhanden sind, ferner auch Kohlensäure, fällen die Fettsäuren aus Seifenlösungen aus. Im Pflanzenschutz verwendet man hauptsächlich Kaliseife wegen ihres leichteren Inlösunggehens und ihrer Eigenart, mit hartem Wasser die Spritzarbeiten weniger leicht störende Kalk- und Magnesiumsalze zu bilden. Bei hartem Wasser soll Wasserglaszuzusatz den Wert der Seife verbessern.[1])

In Alkohol bilden die Seifen echte Lösungen. Neutrale Seifen lösen sich in Kohlenwasserstoffen schwer, saure Seife bedeutend besser. Zusatz von Cyclohexanol steigert die Löslichkeit der sauren Alkalioleate in Benzin noch weiter.

Für Schmierseifen für den Pflanzenschutz hat die Biologische Reichsanstalt folgende Lieferbedingungen festgelegt: Schmierseife muß einen Fettsäurehydratgehalt von mindestens 38% aufweisen. Sie darf nicht über 0,3% freies Alkali und nicht übermäßige Mengen Karbonat enthalten. Sie soll klar und durchscheinend, geruchlos, frei von Harz und unverseiftem Fett, Kieselsäure, kieselsauren Salzen, Ton, Stärkemehl und sonstigen Füllmitteln sowie von ätzenden, sog. hautreizenden Stoffen sein. Schmierseife soll so fest sein, daß sie bei 25° beim Eintauchen und Herausziehen eines Fingers keine langen Fäden zieht, sondern kurz abreißt. Die Verwendung von Tran und sonstigen übelriechenden Fetten zur Herstellung der Seife sowie Zusatz von Farbe und Riechstoffen (insbesondere Nitrobenzol) ist unstatthaft. Schmierseife darf bei ihrer Verwendung keinen widerlichen Geruch hinterlassen. Während des Lagerns dürfen sich keine flüssigen Ausscheidungen bilden.

In England muß Schmierseife für Spritzzwecke folgenden Anforderungen entsprechen[2]): sie soll sich in dest. Wasser vollständig und klar lösen und darf nicht mehr als 1 % freies Alkali, berechnet als KOH, und höchstens 3 % freies Alkalikarbonat, berechnet als $K_2CO_3$ enthalten. Mindestens 95 % des gesamten Alkaligehaltes berechnet als $K_2O$, soll aus $K_2O$ bestehen. Der Prozentgehalt an Fett- und an Harzsäuren ist gesondert anzugeben.

Das Ranzigwerden von Seifen kann durch die Gegenwart ungesättigter unverseifbarer Substanzen oder durch katalytisch wirkendes Cu verursacht sein.[3])

Seife ist als Zusatzmittel zu Brühen aller Art zwecks Steigerung ihrer Benetzungsfähigkeit[4]) und zur Erreichung genügend haltbarer Emulsionen und Suspensionen unentbehrlich geworden. Die Art ihrer Wirkung als Hilfsstoff ist sehr verwickelter Natur. In Mineralölseifenemulsionen kommt die Haltbarkeit der Emulsionen dadurch zustande, daß die sauren Bestandteile der hydrolytisch gespaltenen Seife in den Mineralöltröpfchen, die alkalischen Bestandteile im Wasser teilweise gelöst sind, und daß andere Teile der Seife einen Film zwischen Mineralöl und Wasser bilden. Suspensionen, die durch geringfügige Einflüsse leichter ungewollten Zustandsänderungen ausgesetzt sind als Emulsionen, werden

[1]) Vail, J. G., Natronwasserglas in Seife. Seifensieder-Ztg. **59**, 1932, 508—509; Chem. Ztrbl. 1933, I, 2759.

[2]) Pflanzenschutz- und Schädlingsbek. **1**, 1934, 148.

[3]) Wittka, F., Krasse Fälle von Ranzigwerden von Seifen. Allg. Öl- u. Fett-Ztg. **10**, 1933, 381—385; Chem. Ztrbl. 1933, II, 2915.

[4]) Trappmann, W., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Benetzungsfähigkeit. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt **14**, 1925, 259—266

durch Zugabe von Seife oder anderen Suspensionsmitteln durch Umhüllung der Suspensionsteilchen mit einer dünnen Schicht des Emulsoids auf den Wert gut haltbarer Emulsionen gebracht. Für das Zustandekommen einer derartigen Umhüllung gilt das Gesetz, daß die Summe der positiven Oberflächenspannungen zwischen Partikel und Dispersionsmittel sowie zwischen Schutzkolloid und Dispersionsmittel größer ist, als die Oberflächenspannung zwischen Partikel und Schutzkolloid. Auf eine eigentümliche Steigerung der Benetzungsfähigkeit von Seifenlösungen bei Gegenwart von Kalk machte Görnitz[1]) aufmerksam.

Seife wirkt auch als Insektizid, nicht nur als Hilfsstoff. Vgl. darüber Kapitel II, 7, S. 527.

Ölsäure, Oleinsäure, $C_{17}H_{33} \cdot CO_2H$, in reinem Zustande geruchlose Nadeln vom Smp. 14°, Sdp.$_{10}$: 223°, kommt als Glyzerinester in den meisten Fetten und Ölen vor und wird als technisches Produkt bei der Fabrikation des Stearins gewonnen. Ihre Salze nehmen unter den Seifen insofern eine Sonderstellung ein, als Ölsäure des öfteren als reine Substanz verwendet wird.

Martin[2]) empfiehlt z. B. Selbstbereitung von Mineral- oder Teerölemulsionen ähnlich der Long-Ashton-two-solution-Methode mit Ölsäure statt der sulfonierten Öle Agral W. B. und Agral A. X. Da Ölsäure in Petrolölen besser löslich ist als Agral W. B., bietet das Verfahren besonders bei Sommerölen Vorteile. Die Emulsionsfeinheit ist allerdings geringer als mit Agral W. B.

Die Gefahr einer Verbrennung durch lösliches Arsen beim Spritzen mit Bleiarsenatseifenbrühen soll vermieden werden können, wenn die Seife lediglich Ölsäure enthält. Stearinsaures Natrium löst 2—7mal soviel Arsen wie ölsaures Natrium.

Außer den Alkalioleaten ist besonders das Triäthanolaminoleat als Emulgator vorgeschlagen worden.[3])

Naphthensäuren sind die im rohen Erdöl vorhandenen oder bei seiner Reinigung entstehenden Karbonsäuren der Naphthene (Zykloparaffine). Am meisten davon scheinen die rumänischen Öle zu enthalten, frei davon sind die amerikanischen. Man gewinnt sie auch durch Oxydation der Naphthene mit Luft bei erhöhter Temperatur unter der katalytischen Wirkung z. B. von Mangannaphthenat.[4])

Als Gemisch bilden sie farblose Flüssigkeiten von unangenehmem, namentlich bei unreinen Produkten recht störendem Geruch und den Siedegrenzen 200—300°. Sie sind mit Wasserdampf flüchtig, in Wasser unlöslich, unverändert löslich in 94%iger Schwefelsäure. Sie greifen Metalle an und sind für niedere Tiere giftig. Fullererde adsorbiert sie sehr fest.

Weitere Einzelheiten in den Monographien von Naphthali[5]) und Budowski.[6])

Die Alkalisalze haben Ähnlichkeit mit Schmierseifen, werden jedoch weniger leicht hydrolytisch gespalten. Sie wirken als gute Emulgatoren, naturgemäß vorzugsweise in Ölspritz-

[1]) Görnitz, K., Seifen als Benetzungsmittel. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **2**, 1922, 26.

[2]) Martin, H., The preparation of oil sprays. 1. The use of oleic acid as emulsifier; Journ. of the South-Eastern Agr. College **28**, 1931, 181—187.

[3]) z. B. Ind. and Engin. Chemistry, 1927, 647.

[4]) I. G. Farbenindustrie, D. R. P. 564922; Chem. Ztrbl. 1933, I, 838.

[5]) Naphthali, M., Chemie, Technologie und Analyse der Naphthensäuren. Stuttgart 1927.

[6]) Budowski, J., Die Naphthensäuren. Berlin 1922.

mitteln. Martin[1]) fand jedoch Naphthensäuren als Seifenersatz in Mineralölspritzmitteln unbrauchbar. Knight und Cleveland[2]) empfehlen als Mineralölemulgator und -netzmittel ganz besonders das Aluminiumnaphthenat.

Oxysäuren, z. B. Rizinolsäure, die mit Äthylenoxyd unvollständig veräthert sind, stellen nach Patenten der I. G.-Farbenindustrie[3]) brauchbare Emulgatoren für Ölemulsionen vor.

Sulfonierte Öle (sulfurierte Öle) können zu einem großen Teil als halbgesättigte Schwefelsäureester von Oxyfettsäuren bezeichnet werden, die mit einem beliebigen Alkali neutralisiert sind. Der übliche Ausdruck Sulfonierung ist hier insofern nicht ganz zutreffend, als die Schwefelsäure veresternd, nicht dagegen sulfonierend in streng chemischem Sinne wirkt. Bestimmte echte Sulfosäuren werden allerdings in neuerer Zeit den gleichen Zwecken wie die Schwefelsäureester nutzbar gemacht. Auch die (wasserlöslichen) Ester aus höheren Fettsäuren und Alkoholen mit endständiger Sulfosäuregruppe sind nach Patenten der I. G. Farbenindustrie[4]) als Emulgatoren verwendbar. Über die chemischen Vorgänge beim „Sulfonieren" fetter Öle vgl. Ullmann.[5])

Die partielle Oxydation von Paraffinkohlenwasserstoffen führt zu sauren Produkten (Karbonsäuren) und zu neutralen Produkten (hochmolekularen Alkoholen und ihren Estern). Sowohl die sauren als die neutralen Oxydationsprodukte liefern bei der Sulfonierung gute Netz- und Emulgierungsmittel.[6]) Auch der bei der Reinigung von Erdölen und anderen Rohölen mit Schwefelsäure anfallende sog. „Säureteer" (Säureharz, Abfallsäure), der reich an Sulfosäuren ist, kann als Ausgangsmaterial für kapillaraktive Sulfonate dienen. Die Isolierung der praktisch wertvollen Sulfonate erfolgt z. B. durch Extraktion mit Alkoholen oder flüssigem Ammoniak[7]) oder durch partielles Aussalzen mit NaCl.[8])

v. Pilat, Sereda und Szankowski[9]) unterscheiden unter den Produkten der Einwirkung konzentrierter oder rauchender Schwefelsäure auf Mineralöle („Säureteer") drei Reihen von Sulfosäuren, nämlich $\alpha$-, $\beta$- und $\gamma$-Säuren, die sich durch die Löslichkeitsverhältnisse der Ca-Salze unterscheiden. Eine Farbreaktion auf die $\beta$-Säuren gibt Sereda[10]) an. Den $\gamma$-Säuren, die stets im Säureteer vorkommen, scheinen ringförmige Kohlenwasserstoffe zugrundezuliegen.[11])

Als Sulfonierungsmittel dient Schwefelsäure, rauchende Schwefelsäure oder Chlorsulfonsäure. Die zugrundeliegenden Fettsäuren dürfen nicht hoch ungesättigt sein wie Leinöl oder Fischöle, müssen aber freie Hydroxylgruppen oder Doppelbindungen enthalten. Je mehr $SO_3$-Gruppen eingeführt werden, um so größere Kalkbeständigkeit (s. u.) wird erzielt. Er-

---

[1]) Martin, H., Die Verwendung von Petroleumprodukten als Gärtnereispritzmittel. Journ. Instn. Petrol. Technologists **20**, 1934, 1070—1079; Petrol. Times **32**, 1934, 631—633; Chem. Ztrbl. 1935, I, 1606.

[2]) Knight, H., and Cleveland, C. R., Recent developments in oil sprays. Journ. econ. Entom. **27**, 1934, 269—289.

[3]) D. R. P. 582702.

[4]) I. G. Farbenindustrie, Ö. Pat. 136675; Chem. Ztrbl. 1934, I, 3789.

[5]) Ullmann, J., Enzyklopädie d. techn. Chem. **9**, 1932, 801.

[6]) I. G. Farbenindustrie, D. R. P. 577428, 608362.

[7]) Standard Oil Development Company, D. R. P. 605444, 1933.

[8]) Chem. Fabr. Pott u. Co., D. R. P. 604641, 1932.

[9]) v. Pilat, St., Sereda, J., u. Szankowski, W., Über Mineralölsulfosäuren. Petroleum **29**, 1933, Nr. 3, 1—11; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1880.

[10]) Sereda, J., Über Mineralölsulfosäuren. II. Eine Farbreaktion der Betamineralölsulfosäuren. Petroleum **30**, 1934, Nr. 19, 1—2; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2330.

[11]) v. Pilat, S., u. Szankowski, W., Über Mineralölsulfosäuren. IV. Zur Kenntnis des Kohlenwasserstoffes der $\gamma$-Sulfosäure. Petroleum **31**, 1935, Nr. 10, 1—6; Chem. Ztrbl. 1935, I, 4010.

schöpfende Sulfonierung ist jedoch nicht ratsam. Die von Schwefelsäureresten nicht besetzten freien Hydroxylgruppen werden in manchen Erzeugnissen noch verestert oder anderswie blockiert.

Ein besonderer Vorteil der sulfonierten Öle gegenüber gewöhnlichen Seifen ist außer ihrer Säurebeständigkeit die Wasserlöslichkeit ihrer Ca- und Mg-Salze, also ihre Kalkbeständigkeit gegen hartes Wasser. Pflanzenschutzmittel, die sulfonierte Öle als Emulgator enthalten, sind deshalb in weiten Grenzen unabhängig vom Härtegrad des Wassers und auch mit kalkhaltigen Mitteln mischbar. Die größte Kalkbeständigkeit kommt den neuerdings mehr verwendeten echten Sulfosäuren, z. B. denen der Oleinsäure und den sulfonierten Fettalkoholen zu.

Interessanterweise können sulfonierte Öle umgekehrt auch zur Entmischung von Öl-Wasser-Emulsionen benutzt werden.

Von den zahlreichen Erzeugnissen der deutschen Industrie sind beispielsweise zu erwähnen *Isoseife, Intrasol, Türkonöle, Igepone, Gardinole, Avirole* und *Brillantavirole*, von englischen Erzeugnissen, speziell für den Pflanzenschutz *Agral W. B.* und *Agral A. X. Penetrol* ist ein standardisiertes Produkt aus sulfonierten oxydierten Petroleumkohlenwasserstoffen.

Türkischrotöl gehört zu den für den Pflanzenschutz wichtigsten Erzeugnissen unter den sulfonierten Ölen.

Man bereitet gutes Türkischrotöl durch Behandeln von 100 Teilen Rizinusöl mit bis zu 30 Teilen Schwefelsäure und Verrühren der entstandenen, zunächst mit Wasser gewaschenen Masse mit empirisch festgestellten, zur Neutralisation nicht vollständig ausreichenden Mengen 40gradiger Natronlauge oder 25% Ammoniak. Die technischen Erzeugnisse sind recht verwickelte Gemenge. Außer den Schwefelsäureestern von Salzen der Oxyfettsäuren (besonders Rizinolsäure $C_{17}H_{32}(OH)COOH$ und 10-Oxystearinsäure $C_{17}H_{34}(OH)COOH$) enthalten sie unsulfonierte fettsaure Salze, deren innere Ester (Estolide), verseifbare und unverseifbare Neutralöle, Neutralsalze und andere Verbindungen.

Türkischrotöle sind sehr visköse, klare Flüssigkeiten von hellgelber bis brauner Farbe, deren Gehalt an sulfoniertem und gewaschenem Rizinusöl nach Beschluß des Verbandes Deutscher Türkischrotölfabrikanten in Prozent anzugeben ist, z. B. „Türkischrotöl 50% handelsüblich". Stark sulfonierte Öle sind in (nicht allzu hartem) Wasser auch bei saurer Reaktion klar löslich, schwächer sulfonierte geben mit der zehnfachen Menge Wasser haltbare, nach Zusatz von Ammoniak sich klar lösende Emulsionen. Gute Öle sollen aber nicht zu schwach sulfoniert sein, d. h. 5—10% organisch gebundenes $SO_3$ enthalten. Der Fettgehalt des in Prozent anzugebenden Anteils an sulfoniertem Öl ist durchschnittlich 75%.

Ähnliche Produkte wie *Monopolseife*, welche die Bestandteile des Öls in anderen Verhältnissen enthalten, sind halbfest bis fest.

Sulfitablauge ist wegen ihres Gehaltes an Ligninsulfosäuren auch zu den Sulfonierungsprodukten zu zählen. Sulfitablauge ist ein Abfallprodukt der Zellstoffindustrie. Es entsteht beim Verkochen des Holzes mit Lösungen von Kalzium-, Magnesium- oder auch Natriumsulfit bzw. -bisulfit. In unverdünntem Zustand enthält die Lauge etwa 12% organische Substanz, darunter ligninsulfosaures Kalzium, Ligninsulfit, Proteinkörper, Harze, Fette und Kohlenhydrate. Die organischen Stoffe liegen zum großen Teil als Kolloide vor und verleihen der Lauge ihre Eigenschaften als Netzmittel und Schutzkolloid; auch

die Haftfähigkeit vermag Sulfitablauge zu erhöhen. Ungereinigte Lauge ist sauer; gereinigte neutral bis schwach alkalisch.

Versuche, Sulfitablauge für sich durch Behandlung mit Chlor oder $H_2S$ im Pflanzenschutz nutzbar zu machen, hatten bisher keine praktischen Ergebnisse.[1])

Zellpech ist bis zur Sirupkonsistenz eingedickte Sulfitablauge. Es ist für die gleichen Zwecke wie diese geeignet.

### β) Eiweißstoffe

Leim und Gelatine sind Proteine, die als Umwandlungsprodukte der Kollagene anzusehen sind. Leim, je nach der Herkunft Hautleim oder Knochenleim, enthält als wichtigsten Bestandteil Glutin. Gelatine ist ein besonders reines Glutineiweiß. Leim ist von großer Klebkraft, in kaltem Wasser nur quellend und erst in heißem Wasser löslich. Selbst 1%ige wässerige Lösungen erstarren in der Kälte noch zu einem Gel. Diese Eigenschaft kann Leim durch langes Kochen mit Wasser infolge Hydrolyse verlieren. Leim und Gelatine bedürfen zur Lösung keines Alkalis und können deshalb auch in neutralen oder sauren Spritzlösungen verwandt werden.

Kaseine sind die Albumine der Milch, in der sie an Kalk gebunden in löslicher Form vorliegen. Sie selbst sind in Wasser unlöslich, bilden aber lösliche Alkali- und Erdalkalisalze. Schon die geringe Alkalität von Borax und sekundärem Natriumphosphat genügen zur Auflösung. Kasein ist demnach vorzugsweise in alkalischen Brühen anzuwenden.

Kaseine dienen als vielgebrauchte Zusatzmittel zu Spritzmitteln zwecks Erreichung beständiger Suspensionen und Emulsionen, sowie zur Erhöhung ihres Haft- und Benetzungsvermögens. Man unterscheidet in der Technik zwischen Säure- und Labkaseinen. Erstere werden aus Magermilch durch natürliche Milchsäuerung oder durch Zusatz von Schwefel-, Salz- oder Essigsäure, letztere durch Zusatz von Lab abgeschieden. Für Pflanzenschutzzwecke dürfte sich Milchsäurekasein am besten eignen, weil es leichter löslich ist und seine Eigenschaften genügend eng umgrenzt sind.[2]) Danach soll Milchsäurekasein mindestens 78% Eiweiß, höchstens 4% Asche, 3% Fett und 12% Wasser enthalten und seine Azidität höchstens 12,5 ccm n/10-NaOH je 1 g betragen. Milchsäurekasein, das den Lieferbedingungen des RAL. entspricht, darf vom Hersteller RAL.-Kasein genannt werden.

Die technisch wichtigsten Kaseinate sind die des Kalziums und Ammoniums. Kaseinkalk enthält die Komponenten in sehr verschiedenen Verhältnissen, z. B. 5 Teile Kasein auf 1 Teil Kalkhydrat (Loretts formula) oder nach anderen Angaben 50 g Kasein und 100—150 g Kalkhydrat (auf 100 l Brühe). Im Ausland arbeitet man vielfach mit fertigen Präparaten *(Kayso, Red Diamond)*, auch mit Trockenmilch oder noch einfacher mit Magermilch.

---

[1]) Hilpert, S., Neues über die Verwertung der Sulfitablauge. Chem. Ztrbl. 1926, I, 3107; Fleming, C. S., u. Reedy, J. H., Sulfitabfallauge als ein Spritzmittel. Chem. Ztrbl. 1927, I, 2599.

[2]) Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Milchsäurekasein Nr. 093 B der Liste des Reichsausschusses für Lieferbedingungen, RAL.).

Kalziumkaseinat hat sich besonders im Weinbau als Benetzungsmittel bewährt[1]; für die Bereitung von Mineralölemulsionen gehört es neben Seife zu den wichtigsten Emulgatoren.

### γ) Kohlehydrate

Gummiarten enthalten als Hauptbestandteile stickstofffreie hochmolekulare Kohlehydrate. Sie werden von Akazien und Mimosen, aber auch von den Stämmen der Obstbäume geliefert. Die Pflanzen scheiden Gummi in Form von Hydrosolen aus, die sich dann zu Gelen verdicken. Diese müssen bei guten Sorten in Wasser wieder völlig (als Sole) löslich sein, nicht nur quellen. *Acacia senegal* liefert den Hauptvertreter, das Gummi arabicum. Es besteht im wesentlichen aus sauren Ca-, Mg- und K-Salzen der Arabinsäure, die ein sehr großes Molekulargewicht besitzt und in wässeriger Lösung linksdrehend ist. Sie enthält Hexosopentosane.

Andere Eigenschaften besitzen die Prunoideengummis (z. B. Kirschgummi). Kunstgummi ist durch Alkalien löslich gemachter Kirschgummi.

Gummen werden wegen ihrer Kostspieligkeit in Pflanzenschutzmitteln nur vereinzelt benutzt. Übrigens fand Ginsburg[2]) unter 20 verschiedenen Gummisorten nur 4, und zwar arabischen, Kino-, Kambodga- und indischen Gummi genügend brauchbar zur Emulgierung von Mineralölen.

Pflanzenschleime, z. B. Tragantschleim, Leinsamenschleim, Quittenschleim u. a. m. stellen vorzügliche, auch für Pflanzenschutzzwecke brauchbare Schutzkolloide vor. Selbst sehr verdünnte Lösungen (unter 1%) sind zum Teil durch große Viskosität ausgezeichnet. Der bekannteste Vertreter, Tragantschleim, wird von *Astragalus*arten (Papilionaceen) geliefert. Sein Hauptbestandteil ist das Polysaccharid Bassorin $(C_{11}H_{20}O_{10})_n$. Von den ihnen nahestehenden Gummen unterscheiden sich die Pflanzenschleime durch ihre Eigenschaft, mit Wasser zunächst nur Gallerten, keine Sole zu liefern.

Stärke $(C_6H_{10}O_5)_n$, ist in kaltem Wasser unlöslich und gibt mit ihm keine kolloide Lösung. Mit heißem Wasser entsteht unter starkem Aufquellen der Körner Stärkekleister, der jedoch noch keine kolloide Lösung vorstellt. Er wird in dieser Form, zum Teil auch in Verbindung mit anderen Stoffen, wie Kolophonium, in Spritzbrühen gelegentlich verwendet. Echte kolloide Lösungen erhält man nur aus sog. löslicher Stärke, die nach verschiedenen Verfahren aus gewöhnlicher Stärke bereitet werden kann und ein gutes Schutzkolloid ist.[3]) Auch mit Kalk zusammen wird Stärke verwandt.

Dextrine $(C_6H_{10}O_5)_n$, also isomer mit Stärke, sind Gemische von Abbauprodukten der Stärke. Man erhält sie durch Abbau mit Diastase, großtechnisch jedoch durch Rösten der (meist mit etwas Säure versetzten) Stärke bei höchstens 200°. Röstdextrine besitzen die Form der verwendeten Stärke, flüssig bereitete sind amorphe Massen oder dicke Kleister. Alle Dextrine reagieren etwas sauer, die besten Sorten am wenigsten.

### δ) Glukoside

Saponine sind eine in Pflanzen weit verbreitete Klasse von Stoffen, die chemisch noch keineswegs aufgeklärt ist. Jedenfalls sind es Glukoside, also Verbindungen, die durch chemische oder enzymatische Hydrolyse in Zucker und eine andere Komponente, hier die Sapogenine zu spalten sind. Saponine sind schwach saurer Natur, was für ihre Anwendung als Netzmittel in gewissen Fällen wohl zu beachten ist. Einige Saponinsubstanzen, die Saponinsäuren, auch Saponoide genannt, sind nur als Alkalisalze wasserlöslich. Die meisten Saponine sind aber außerordentlich leicht wasserlösliche, farblose, amorphe, sehr selten kristalline Verbindungen mit allen typischen Eigenschaften der

---

[1]) Rev. viticulture **80** (41), 1934, 309.

[2]) Ginsburg, J. M., Investigations of dusts, spreaders, stickers and diluents for spraying and dusting mixtures. New Jersey Stat. Rpt., 1928, 127—133.

[3]) Vgl. Abderhalden, E., Handb. Biol. Arbeitsmeth. III B 230.

Kolloide. Die natürlichen Saponine wirken durch Hämolyse ziemlich giftig, können aber künstlich entgiftet werden.

Die pflanzlichen Hauptlieferanten für Saponine sind *Quillaja saponaria*, *Sapindus mucorossi*, *Gypsophila*-Arten, Roßkastanie u. a. Große Bedeutung konnten die Saponine wegen ihres verhältnismäßig hohen Preises im Pflanzenschutz bisher nicht erringen. Bei Laboratoriumsversuchen mit Spritzmitteln bedient man sich ihrer jedoch vielfach. 1%ige Saponinlösungen können schon für sich in geringem Grade insektizid wirken. Manchmal ist die Giftwirkung von Spritzbrühen bei Verwendung von Saponin bedeutend geringer als bei Seifen.

Tannine sind Ester aromatischer Säuren mit mehrwertigen Alkoholen, Zuckern und Glukosiden. Chinesisches Tannin ist im wesentlichen Pentadigalloylglukose, türkisches Tannin Pentagalloylglukose. Tannin ist in reinem Zustand farblos, sonst bräunlich, amorph, in Wasser leicht, in Alkohol wenig löslich und wird in Wasser durch Eisenchlorid tiefblau gefärbt.

#### ε) Verschiedene organische Stoffe

Mineralöle, Fischöle und Pflanzenöle werden in geringer Menge (wenige Prozente) Stäubemitteln, bisweilen zur Erhöhung der Haftfähigkeit, Trockenbeizmitteln zur Vermeidung des Stäubens, zugesetzt. Als Haftmittel für Arsen- (Bleiarsenat) und Kupferkalkbrühe werden Fischöl oder Tran in USA. viel benutzt. Sie zeigen spez. Gew. von 0,915—0,930, Jodzahlen 81—150, Verseifungszahlen 175—224. Die durch verschiedene Verfahren von der stark ungesättigten Klupanodonsäure ($C_{18}H_{28}O_2$), dem Träger des durchdringenden Fischölgeruches, befreiten Trane sind vorzuziehen.[1]) Zugaben von pflanzlichen Ölen (z. B. Rizinusöl) sollen zu Mineralölemulsionen die Benetzungsfähigkeit und Haftfähigkeit der Brühen beträchtlich steigern. Walratöl erwies sich nach Ginsburg[2]) bei dreijährigen Sommerölspritzungen an Apfel- und Birnbäumen am harmlosesten.

Triäthanolamin, Triäthylolamin $N(C_2H_4OH)_3$, ein dickes, farbloses, an der Luft dunkel werdendes, mit Wasser nicht flüchtiges Öl, das aus Äthylenoxyd und Ammoniak bereitet wird, vom Sdp. 150 : 277—279°, mit Wasser und Alkohol in jedem Verhältnis mischbar, als starke Base an der Luft Kohlensäure anziehend. Es wird neuerdings als Emulgatorkomponente zur Bereitung verschiedener Emulsionen empfohlen.[3])

Hexalin, Cyclohexanol, Adronol, Sextol, Hexahydrophenol, $C_6H_{11} \cdot OH$, Sdp. 160° und Methylhexalin, Sdp. 170—180°, durch Hydrieren von Phenol bzw. Kresol leicht erhältlich, sind lösungsvermittelnde Bestandteile von Seifenpräparaten, die zur Bereitung von Ölemulsionen dienen. Ein derartiges Produkt, *Savonade*, besteht zu 16% aus Hexalin, 59% aus Seifenkörpern und 25% aus Wasser.

Polyvinylalkohol $(CH_2 : CH \cdot OH)_n$ soll als Lösungsvermittler für wasserunlösliche Kupfer-Quecksilber-Bleiseifen brauchbar sein, indem die bei Anwesenheit von Polyvinylalkohol entstehenden kolloidalen Lösungen eine große Beständigkeit haben und außerordentlich bequem bei ihrer Anwendung sein sollen.[4])

---

[1]) Dozier, H. L., Fish oil as an adhesive in control of the grape berry and codling moths. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 121—125.

[2]) Ginsburg, J. M., What summer oil sprays may do to apple trees. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 283.

[3]) Z. B. Wilson, A. L., Triethanol amine emulsions. Ind. aud Engin. Chemistry **22**, 1930, 143—146.

[4]) Consortium f. elektrochem. Ind., D. R. P. 488638.

#### ξ) Anorganische Stoffe

Bentonit, ein anorganischer Emulgator, besteht nach Wilson[1]) zu 75% oder mehr aus den tonartigen Mineralien Montmorillonit oder Beidellit und enthält 65% $SiO_2$, 21% $Al_2O_3$, 3% $Fe_2O_3$, 2,6% MgO, 2,3% $Na_2CO_3$. 1 g nimmt 5—6 g $H_2O$ unter 14—16facher Volumvergrößerung auf. Bentonit besitzt nicht nur Emulgatoreigenschaften, sondern infolge seiner großen Oberfläche hohes Adsorptionsvermögen. Er dient in erster Linie zur Bereitung von Ölemulsionen, ist aber auch z. B. für unlösliche Kupferspritzmittel ein ausgezeichnetes Netz- und Haftmittel. Als besonders brauchbar gilt der Wyoming-Bentonit.[2]) Aus deutschem Bentonit lassen sich den amerikanischen bezüglich des Quellungsvermögens gleichwertige Erzeugnisse durch Austausch des Kalziums gegen Natrium herstellen.[3])

## 2. Streckmittel, Trägerstoffe

Ein Streck- oder Füllmittel im engsten Sinne dient bei trocken anzuwendenden Mitteln nur dazu, hochwirksame Stoffe auf den geeigneten Verdünnungsgrad zu bringen. Dem gleichen Zweck dient bei flüssigen Mitteln das Lösungsmittel. In manchen Fällen genügen völlig indifferente und natürlich möglichst billige Stoffe geeigneter Oberflächenbeschaffenheit wie Kieselgur, Kaolin, Talk. Nicht ganz so indifferent sind Kalk, Kochsalz, Glaubersalz u. a. Fast immer muß nun das Streckmittel aber von besonderer physikalischer oder chemischer Beschaffenheit sein, um dem fertigen Mittel noch bestimmte Eigenschaften wie gute Stäube- und Haftfähigkeit oder erhöhte Beständigkeit gegen zersetzende chemische Einflüsse z. B., der Atmosphärilien zu verleihen. Bei alkaliempfindlichen Stoffen wird man alkalische Füllmittel vermeiden müssen, während basische Stoffe wie Kalk umgekehrt in den Fällen vorteilhaft sind, in denen die Gefahr der Säurebildung durch Hydrolyse gegeben ist.

Zu den Trägerstoffen sind auch die verschiedenartigen Ködersubstrate, z. B. Weizen, Weizenschrot, Kleie, Johannisbrotschrot, Melasse, Sirup, Schmalz u. a., zu rechnen, deren Eigenschaften möglichst fraßbegünstigend wirken sollen.

#### Flüssige Trägerstoffe

Unter den flüssigen Trägerstoffen (Lösungsmitteln) steht an erster Stelle das Wasser. Von den Eigenschaften reinen Wassers interessieren hier besonders seine Neigung zur Addition (Hydratbildung), die für den Aufbau der Kolloidsysteme in den Suspensionen und Emulsionen eine Rolle spielt; dann seine Fähigkeit, verschiedene, an sich neutrale Schwermetallsalze hydrolytisch zu zerlegen. Hierbei tritt saure Reaktion auf, die pflanzenschädigend wirken kann, wenn ihr nicht durch alkalisierende und die Hydrolyse zurückdrängende Zusätze entgegengearbeitet wird. Näheres darüber bei den einzelnen Stoffen, z. B. Kupfer, Schweinfurtergrün.

---

[1]) Wilson, J. N., Bentonit, ein einzigartiges Rohmaterial. Chem. Trade Journ. chem. Engr. **95**, 1934, 202; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3661.

[2]) Young, H. C., and Beckenbach, J. R., Spreader materials for insoluble copper sprays. Phytopathology **26**, 1936, 450—455.

[3]) Hofmann, U., Endell, K., u. Bilke, W., Die Quellung von Bentonit und seine Anwendung. Ztschr. f. Elektrochemie **41**, 1935, 469—471; Ref. Chem. Ztrbl. 1936, I, 3111.

Chemisch reines Wasser kommt in der Natur nicht vor, auch Regenwasser ist nicht frei von Grundbestandteilen.

Beim Durchsickern durch die Erde nimmt das Wasser durch direkte Lösung Chloride, Sulfate und Karbonate der Alkalien (vor allem Na), des Ca, Mg, Fe und Mn, endlich auch N-Verbindungen wie $NH_3$, Nitrite und Nitrate auf. Als Hauptbestandteile sind NaCl, $MgCl_2$ (weniger $MgSO_4$) und $CaSO_4$ zu betrachten. Unter dem Einfluß der Kohlensäure ändern sich die Verhältnisse insofern, als durch sie die an sich geringe Löslichkeit der Karbonate des Ca und Mg infolge Bildung der Bikarbonate wesentlich ansteigt. Um diese Bikarbonate dauernd in Lösung zu halten, ist allerdings ein bestimmter Überschuß an freier $CO_2$ nötig, den man „zugehörige Kohlensäure" nennt. Erst Mengen über diese zugehörige $CO_2$ hinaus sind imstande, weiteres $CaCO_3$ zu lösen („kalkagressive Kohlensäure").

Unter *Gesamthärte* versteht man gelöstes CaO und MgO zusammen. Ein deutscher Härtegrad bezeichnet Vorhandensein von 10 g CaO in 1 cbm $H_2O$. MgO wird nach Multiplikation mit 1,4 ebenfalls in Kalkhärte ausgedrückt.

1 französischer Härtegrad bezeichnet 10 g $CaCO_3$ in 1 cbm
1 englischer „ „ 10 g „ „ 0,7 „ .

Die Gesamthärte setzt sich zusammen aus der Karbonat- oder temporären Härte (dem als Bikarbonat vorhandenen Teil Ca und Mg, der durch Kochen zum größten Teil wieder ausgeschieden wird) und der Nichtkarbonat- oder permanenten Härte (dem Anteil der anderen Ca- und Mg-Salze).

Hartes Wasser ist durch Bildung unlöslicher Ca- und Mg-Seifen der schlimmste Feind seifenhaltiger Emulgatoren. Unempfindlich gegen hartes Wasser sind die neueren „sulfonierten Öle", deren Ca- und Mg-Salze zumal bei hohem Sulfonierungsgrad wasserlöslich sind. Man benutzt sie deshalb auch in zunehmendem Maße als Emulgatoren in Pflanzenschutzmitteln.

Die Karbonathärte des Wassers ist auch bisweilen für die Bildung pflanzenschädlicher Umsetzungsprodukte in Spritzbrühen verantwortlich zu machen. So erhöht sie nach Ginsburg[1]) die Menge der aus Bleiarsenat gebildeten löslichen Arsensäure beträchtlich. Lösliche Seifen reagieren mit den Härtebildern und üben in diesem Falle einen günstigen Einfluß aus. Bei weichem Wasser erhöhen Seifen dagegen die Blattgefährdung durch Bleiarsenat.

Der für die Metallkorrosion so wichtige Sauerstoffgehalt des Wassers spielt für Pflanzenschutzmittel eine sehr untergeordnete Rolle. Ein Eisengehalt ist ebenfalls von geringer Bedeutung. Mit stark Fe-haltigem Wasser bereitet, werden Kupferkalkbrühen grün statt himmelblau.

Als Fremdbestandteile des Regenwassers werden saure und alkalische, Chlor, Schwefelsäure, Salpeter und Ammoniakstickstoff enthaltende Verbindungen (10—40 mg je l) angegeben. Diese Stoffe werden zur Erklärung der Wirkung von Kupferkalkspritzbelägen mit herangezogen. Vgl. Kupferkalkbrühe, S. 338.

Wichtige Lösungsmittel sind auch die Kohlenwasserstoffe, in erster Linie Petroleum, ferner hydrierte Naphthaline. Sie wirken allerdings nicht nur als Verdünnungsmittel, sondern auch in wesentlichem Ausmaße insektizid und sind im Kap. Kohlenwasserstoffe, Mineral- und Teeröle, S. 621 behandelt worden.

Von weiteren organischen Lösungsmitteln in Pflanzenschutzmitteln seien noch die Phenole, die Alkohole (Methyl-, Äthyl- und einige höhere) sowie die gechlorten Kohlenwasserstoffe (z. B. Chloroform, Trichloräthylen, Äthylenchlorid,

---

[1]) Ginsburg, J. M., Effect of different soaps on formation of soluble arsenic from lead arsenate in soft and hard waters. Journ. econ. Entom. **30**, 1937, 583—590.

Chlorbenzol) erwähnt, die allerdings nur in den konzentrierten Mitteln, nicht in den fertigen Spritzbrühen in wesentlicher Menge vorkommen. Oft stellen sie nur die Reste der zur Extraktion gewisser Giftstoffe benutzten Mittel vor. Schon kleine Mengen solcher Stoffe können aber eine wichtige Rolle als Lösungsvermittler spielen, ohne Emulgatoren im eigentlichen Sinne zu sein.

### Feste Trägerstoffe

Talkum, ein saures Magnesium-Silikat, $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$, sehr weich (Härte 1—1,5), von einer sich fettartig anfühlenden Oberfläche, ist ein gut haftendes und sehr beliebtes Füllmaterial, das für Stäubemittel viel verwendet wird. Bemerkt sei, daß Talkum (und Glimmer) gelegentlich auch selbst insektizid wirken können, z. B. gegen Eier der Obstmade.[1])

Bei der Haftfähigkeitsbestimmung nach Görnitz-Voelkel (vgl. Kap. Die physikalischen Eigenschaften, S. 563 ff.) dient Talk als Vergleichskörper. Talkum wird bis zu verschiedensten Feinheitsgraden vermahlen, behält aber in jedem Fall die gestreckte Form der kleinsten Teilchen bei. Dieser Umstand spielt eine Rolle für die Haftfähigkeit. Vernebelte, also ohne besonderen Druck auf die Blattoberfläche auftreffende Talkteilchen setzen sich mit der Spitze fest und haften zunächst wenig. Durch Erschütterungen fallen die Teilchen um und haften dann besser. Talkum besitzt fast keine Hygroskopizität, haftet also bei großer Trockenheit weniger gut.

Kohlensaurer Kalk, $CaCO_3$, ist bei den Grundstoffen (Kap. I, 2, S. 372) beschrieben. Er dient als Grund- und als Beistoff, bei ihm ist die Grenze zwischen beiden Arten schwer zu ziehen.

Kieselgur, Diatomeenerde, besteht zum großen Teil aus den Kieselskeletten einzelliger Algen, ist von großer Feinheit und durch energisches Saugvermögen ausgezeichnet. Kieselgur kann z. B. das halbe Eigengewicht an HCN aufsaugen.[2]) Kieselgur kann durch Gehalt an $CaCO_3$ und $MgCO_3$ schwach basische Eigenschaften haben.

Kaolin, Porzellanerde, China Clay, $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ und andere staubfein gemahlene Silikate, endlich auch Flugasche und verschiedene andere Stäube dienen ebenfalls als Trägerstoffe.

## 3. Farb-, Riech-, Geschmacks-, Reiz- und Warnstoffe

Farbstoffe dienen teils zur Kenntlichmachung und Unterscheidung von Giften, teils zur Sichtbarmachung von Spritzbelägen. Riechstoffe werden bisweilen den für Menschen unangenehm riechenden Mitteln zur Geruchsverbesserung zugesetzt. Bei Petroleum sind Amylazetat, Wintergrünöl, Zedernholzöl und Zitronellöl beliebt. „Geruchlosigkeit" des Petroleums soll z. B. durch

[1]) F. P., 733, 563; Chem. Ztrbl. 1933, I, 663.

[2]) Herzog, W., Die neuere Entwicklung der Schädlingsbekämpfung mittels Blausäure. Chemiker-Ztg. **50**, 1926, 493.

2 Tropfen Zedernöl auf 1 l Petroleum erreicht werden.[1]) Eine wichtige Aufgabe haben Riech- und Geschmacksstoffe zu erfüllen, wenn sie fraßabschreckenden Geruch oder Geschmack überdecken, oder die Tiere überhaupt erst anlocken sollen. Die fraßabschreckenden Riechstoffe der Wildverbißmittel gehören als wirksame Bestandteile dieser Mittel zu den Grundstoffen

Von Riechstoffen, die als *Lockmittel* für Insekten dienen sollen, zumeist Ester und Alkohole seien genannt:

Amylazetat, $CH_3 \cdot COOC_5H_{11}$, Sdp. 138°,
Amylbenzoat, $C_6H_5 \cdot COOC_5H_{11}$[2]),
Amylsalizylat, $C_6H_4(OH) \cdot COOC_5H_{11}$, Sdp. 270°[3]),
Methylcinnamat, $C_6H_4 \cdot CH : CH \cdot COOCH_3$, Sdp. 263° und
Äthylcinnamat, $C_6H_4 \cdot CH : CH \cdot COOC_2H_5$, Sp. 271[4]),
Isobutylphenylazetat, $C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot COOC_4H_9$,
Diphenyloxyd, $C_6H_5 \cdot O \cdot C_6H_5$, Smp. 27°.

Als Lockmittel in flüssigem, gärendem, zuckerhaltigem Köder benutzt man vielfach stark duftende Öle wie das Geraniumöl oder Geraniol, $C_{10}H_{18}O$ und Eugenol, $C_{10}H_{12}O_2$ (10 : 1).[5]) Das nach der Gewinnung des Olivenöls zurückbleibende Olivenwasser (etwa die Hälfte der frischen Olive) ist als ausgezeichnetes Lockmittel für die Olivenfliege bekannt.[6])

Als *Warnstoffe* in unlöslichen Arsenverbindungen können stark riechende Stoffe wie Pyridin, Phenol oder Nitrobenzol dienen.

*Reiz- oder Warnstoffe* müssen außer starker Reizwirkung auf die Schleimhäute und Augen noch bestimmte physikalische Eigenschaften (Siedepunkt, Dampfspannung, Diffusionsgeschwindigkeit) besitzen, um der Forderung zu genügen, möglichst gleichzeitig mit dem Giftgas (HCN) zu verdunsten und sich dann auch beim Durchgang durch poröse Wände möglichst nicht mehr von ihm zu trennen. Mit der Degesch[7]) unterscheidet man zweckmäßig „Vorwarner", Stoffe mit niedrigerem Dampfdruck als Blausäure, z. B. Chlorcyan, Chlorkohlensäuremethylester und „Nachwarner", Stoffe mit höherem Dampfdruck, z. B. Bromacetophenon, Chlorpikrin oder Bromessigester. Reizstoffe sind[8])

---

[1]) Driggers, B. F., Experiments with talc and other dusts used against recently hatched larvae ot the oriental and codling moths. Journ. econ. Entom. **22**, 1929, 327.

[2]) Morgan, A. C., and Lyon, S. C., Notes on amyl salicylate as an attrahent to the tobacco kornworm moth *(Phlegethontius carolina)*. Journ. econ. Entom. **21**, 1928, 189—190.

[3]) Ebenda.

[4]) Yetter, W. P., A preliminary report on large-scale bait trapping of the oriental fruit moth in India and Georgia. Journ. econ. Entom. **24**, 1931, 1181.

[5]) van Leeuwen, E. R., and Metzger, F. W., Traps for the Japanese beetle. U. S. Dep. Agr. Circ. **130**, 1930.

[6]) Conte, V., Experimenti di lotta contro la mosca delle olive per mezzo di sostanze attrattive. Ann. R. Ist. sup. agr. Portici ([3]) **3**, 1930, 308—320. Rev Appl. Ent. Ent. **18**, 1930, 367.

[7]) Degesch, Vgl. A. P. 1949466; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1189.

[8]) Flury, F., u. Zernek, F., Schädliche Gase. Berlin 1931, 520.

| | Formel | Sdp. | Unerträglichkeitsgrenze[1]) |
|---|---|---|---|
| Chlorpikrin | $Cl_3CNO_2$ | | 60 |
| Chlorcyan | ClCN | 16° | > 50 |
| Bromcyan | BrCN | 61° | 85 |
| Chlorameisensäuremethylester | $ClCOOCH_3$ | 71° | 75 |
| Bromessigsäuremethylester | $CH_2Br \cdot COOCH_3$ | 144° | 45 |
| Chloraceton | $CH_2Cl \cdot CO \cdot CH_3$ | 119° | > 100 |
| Bromaceton | $CH_2Br \cdot CO \cdot CH_3$ | 136° | |
| Bromacetophenon | $CH_2Br \cdot CO \cdot C_6H_5$ | | 30 |
| Benzylbromid | $CH_2Br \cdot C_6H_5$ | 201° | 40 |
| Xylylbromid | $CH_2Br \cdot C_6H_4 \cdot CH_3$ | 220° | 15 |

Reizstoffe mit Reizwirkung auf das Insekt sind als Beistoffe imstande, die Wirkung der Blausäure als Grundstoff durch Abkürzung der für 100%ige Abtötung notwendigen Zeit erheblich zu verstärken. Besonders wirksam waren in dieser Richtung nach Pratt, Swain und Eldred[2]) Salizylaldehyd, $C_6H_4(OH) \cdot CHO$, Sdp. 196°, und Benzaldehyd, $C_6H_5 \cdot CHO$, Sdp. 180°. Bei 0,2% HCN genügte eine 0,05%ige Aldehydkonzentration. Thiophenol, $C_6H_5 \cdot SH$, Allylisothiozyanat, $C_3H_5 \cdot NCS$ und Benzylchlorid, $C_6H_5 \cdot CH_2Cl$ wirkten in gleichem Sinne, aber schwächer.

## b) Biologische Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln

Von A. Winkelmann und H. Klinger

Bei der in neuester Zeit immer größer werdenden Erkenntnis der Bedeutung der Pflanzenkrankheiten und den daraus folgenden Bestrebungen, durch planmäßige Bekämpfung der Schädlinge die Ernten zu steigern und zu sichern, ist es durchaus verständlich, daß sich die chemische Industrie mehr als früher der Herstellung neuer Pflanzenschutzmittel zuwandte. Es ist auch nicht verwunderlich, daß Schwindler und unreelle Geschäftsleute diese „Konjunktur" ausnutzten und Mittel auf den Markt brachten, die für die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten wenig oder gar nicht geeignet sind, ja oft sogar Schaden anrichteten.

Appel[3]) hat daher 1918 die Forderung erhoben, die bis dahin nur vereinzelt und ungleichmäßig durchgeführten Prüfungen zu vereinheitlichen und eine Kontrolle über die gleichmäßige Zusammensetzung damit zu verbinden. Dieser Gedanke ist dann bei der durch Appel 1920 durchgeführten Neugliederung der

[1]) mg/cbm Luft. Niedrigste Konzentration, bei der für einen normalen Menschen ein längerer Aufenthalt als eine Minute unmöglich ist.

[2]) Pratt, F. S., Swain, A. F., u. Eldred, D. N., Versuche über Hilfsgase zur Verstärkung der Giftigkeit von Blausäuregas. I. Versuche mit Marienkäfern als Giftigkeitsindex. Journ. econ. Entom. **26**, 1933, 1031—1041.

[3]) Appel, O., Die Zukunft des Pflanzenschutzes in Deutschland. Vortrag, gehalten bei der Hauptversammlung der Vereinigung für angewandte Botanik am 28. September 1918 in Hamburg. Angew. Bot. **1**, 1918, 3—15.

Biologischen Reichsanstalt[1]) verwirklicht worden. Es wurde eine besondere „Prüfstelle für Pflanzenschutzmittel" eingerichtet, die die Prüfungen in Gemeinschaft mit den einzelstaatlichen Hauptstellen für Pflanzenschutz und in freiwilliger Zusammenarbeit mit der Pflanzenschutzmittel-Industrie durchführte. Durch das „Gesetz zum Schutze der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen" vom 5. März 1937[2]) ist die staatliche Regelung des Verkehrs mit Pflanzenschutzmitteln in die Wege geleitet. Nach § 4 dieses Gesetzes obliegt die Prüfung der zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen an Kulturpflanzen geeigneten Verfahren, Mittel und Geräte der Biologischen Reichsanstalt in Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzämtern. Diese Prüfung erfolgt nach den von der Biologischen Reichsanstalt festgelegten Bedingungen.

Nach den „Bedingungen für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln"[3]) werden zur Prüfung nur solche Mittel zugelassen, deren wirksame Bestandteile durch chemische Untersuchung feststellbar sind, und deren gleichbleibender Gehalt vom Hersteller gewährleistet werden kann. Die Zusammensetzung der Mittel muß der Prüfstelle für Pflanzenschutzmittel und Pflanzenschutzgeräte der Biologischen Reichsanstalt bekanntgegeben werden, die zur Geheimhaltung verpflichtet ist. Mittel, die lediglich nach jedermann offenstehenden Vorschriften herstellbare Zubereitungen vorstellen oder Stoffe enthalten, gegen deren Verwendung für Pflanzenschutzzwecke im öffentlichen Interesse Bedenken zu erheben sind, bleiben von der Aufnahme in das Pflanzenschutzmittelverzeichnis ausgeschlossen.

Der Nachweis der Brauchbarkeit eines Pflanzenschutzmittels muß grundsätzlich durch eine Vor- und Hauptprüfung erbracht werden.

Die Vorprüfung ist im allgemeinen bei dem für diese vorgesehenen Pflanzenschutzamt vom Hersteller zu beantragen. Für die Prüfung von Rebschädlingsbekämpfungsmitteln erfolgt auch die Anmeldung zur Vorprüfung bei der Biologischen Reichsanstalt. Beizmittel und Mittel gegen Schorf *(Fusicladium)* müssen bei 3 Pflanzenschutzämtern, Rebschädlingsbekämpfungsmittel bei 4 Weinbauanstalten, alle übrigen Mittel bei einem Pflanzenschutzamt vorgeprüft werden.

Die Hauptprüfung ist stets bei der Biologischen Reichsanstalt zu beantragen. An der Hauptprüfung sollen im allgemeinen 8, höchstens 12 Stellen beteiligt sein. Die Prüfungen werden nach einheitlichen Richtlinien ausgeführt, die den Versuchsteilnehmern von der Biologischen Reichsanstalt mitgeteilt werden. Die Ergebnisse der Hauptprüfung, bei Mitteln im Weinbau auch die der Vorprüfung, werden der Biologischen Reichsanstalt übermittelt, die sie bearbeitet und dann Ausschüssen, die aus den Reihen der Versuchsansteller gebildet werden, vorlegt. Diese entscheiden, ob ein Mittel zur Aufnahme in das Pflanzenschutzmittelverzeichnis zugelassen werden kann, oder ob eine nochmalige Prüfung erforderlich ist oder die Aufnahme abzulehnen ist. Wird der Nachweis der Brauchbarkeit eines Mittels als erbracht angesehen, so daß die Aufnahme in das Pflanzenschutz-

---

[1]) Appel, O., Bericht über die Tätigkeit der Biologischen Reichsanstalt im Jahre 1920. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **21**, 1921, 11.

[2]) RGBl. 1937; I, 271, siehe auch Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen. Bd. IX, 1937, Nr. 3 (Beilage zum Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst).

[3]) Methoden zur Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937.

mittelverzeichnis erfolgen kann, so wird der Hersteller aufgefordert, durch Unterzeichnung eines Verpflichtungsscheines die Gewähr zu übernehmen, daß das Mittel in derselben Zusammensetzung, wie es geprüft wurde, unter der dem Mittel beigelegten Bezeichnung in den Verkehr kommt, und daß kein anderes Mittel unter derselben Bezeichnung vertrieben wird.

Die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln zerfällt in eine chemisch-physikalische und eine biologische. Durch die biologische Prüfung soll die Wirksamkeit und praktische Brauchbarkeit festgestellt werden. Da von der Wirkung gegen einen Schädling nicht auf die gegen andere geschlossen werden kann, muß grundsätzlich gefordert werden, daß die Mittel an den pilzlichen und tierischen Schädlingen erprobt werden, für deren Bekämpfung sie angewendet werden sollen. Weiter muß sich die Prüfung auf das Entwicklungsstadium erstrecken, bei dem auch bei der praktischen Bekämpfung die Anwendung erfolgt. Die Prüfung muß also möglichst den praktischen Verhältnissen angepaßt werden. Um dieser Forderung weitgehend gerecht zu werden, würden in erster Linie Freiland- bzw. Gewächshausversuche für die Prüfung in Frage kommen. Freilandversuche haben aber 1. den Nachteil, daß sie sich über einen langen Zeitraum erstrecken, 2. daß sie nicht jederzeit durchgeführt werden können, 3. daß sie allen, vielfach nicht feststellbaren, äußeren Einflüssen unterworfen sind und 4. daß die Krankheitserreger oft nicht in der für die Prüfung erforderlichen Menge und Gleichmäßigkeit vorhanden sind. Aus diesen Gründen geht das Bestreben dahin, die Prüfung möglichst in Laboratoriumsversuchen durchzuführen. Bei manchen Mitteln ist dies bereits möglich, während für die Prüfung anderer geeignete Methoden noch fehlen. Bei der großen Anzahl von Arbeiten, die über dieses Gebiet erschienen sind, ist es unmöglich, auf alle einzugehen. Im folgenden sollen in erster Linie die Methoden beschrieben werden, die der Deutsche Pflanzenschutzdienst bei der Mittelprüfung anwendet. Dies geschieht aus dem Grunde, weil diese Organisation die zuerst eingerichtete und größte ist, die nach einheitlichen Gesichtspunkten die Mittelprüfung vornimmt und daher auch über die längste und vielseitigste Erfahrung verfügt.

### 1. Prüfung von Fungiziden und Mitteln zur Bekämpfung von Unkräutern

Prüfung von Beizmitteln. Die Methodik zur Prüfung von Beizmitteln kann wohl als am besten durchgearbeitet bezeichnet werden. Von einem brauchbaren Beizmittel wird verlangt, daß es die Krankheitskeime in ausreichendem Maße abtötet, andererseits aber die Keimfähigkeit des behandelten Saatgutes nicht schädigt. Ebenso wie in der Human-Medizin hat man versucht, die Brauchbarkeit eines Pflanzenschutzmittels durch den chemotherapeutischen Index nach Ehrlich[1]) $\delta = c/t$ festzulegen. Binz und Bausch[2]) haben diesen Index zuerst in die Pflanzenpathologie eingeführt. Weiter haben Gaßner[3]) und Gaßner und

[1]) Ehrlich, P., Die experimentelle Chemotherapie der Spirillosen. Berlin 1910.

[2]) Binz, A., und Bausch, H., Versuch einer Chemotherapie des Gerstenbrandes. Ztschr. f. angew. Chem. **35**, 1922, 241—243.

[3]) Gaßner, G., Biologische Grundlagen der Prüfung von Mitteln zur Steinbrandbekämpfung. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **11**, 1923, 339—397.

Esdorn[1]) den chemotherapeutischen Index der Bewertung von Beizmitteln zugrunde gelegt. Als Dosis curativa läßt sich nach Gaßner diejenige Konzentration eines Mittels bezeichnen, die gerade ausreichend ist, um den Erreger einer Krankheit unschädlich zu machen, während Dosis toxica diejenige Konzentration ist, die die allererste gerade feststellbare Schädigung des Wirtes hervorruft. Gegen die schematische Einführung des chemotherapeutischen Index hat sich Vogt[2]) gewandt. Er weist darauf hin, daß das aus dem Grunde nicht angängig ist, weil durch die Beizung des Samenkornes nicht ein infizierter oder gar erkrankter Organismus geheilt werden soll, sondern daß es sich um eine Maßnahme handelt, um eine drohende Infektion von dem gesunden Organismus abzuwenden. Vogt schlägt als Formel für die Wirksamkeit eines Beizmittels folgende vor: $B = \frac{kW}{kP}$. Dabei ist kW die Konzentration, die die Wirtspflanze eben deutlich schädigt, kP die für die Abtötung des Schädlings erforderliche Mindestkonzentration.

Vom Deutschen Pflanzenschutzdienst wird die Prüfung von Beizmitteln nach folgenden Richtlinien[3]) durchgeführt:

1. Vorprüfung. Die Feldversuche sind wenigstens mit 2 Konzentrationen bzw. Aufwandmengen auszuführen, und zwar mit der vom Hersteller als wirksam angegebenen und einer niedrigeren Konzentration bzw. Aufwandmenge. Über die Höhe der zur Anwendung kommenden Konzentration bzw. Aufwandmenge wird unter Mitwirkung des Herstellers unter den 3 Vorprüfstellen eine Einigung herbeigeführt.

Neben Versuchen mit unbehandelten Proben werden stets auch solche mit einem Mittel erprobter Wirksamkeit (Vergleichsmittel) in demselben Verfahren wie das angemeldete Mittel durchgeführt.

Das Saatgut soll einen normalen Wassergehalt aufweisen (11—16%). Für die Versuche mit Weizen wird brandbuttenfreies Saatgut verwendet, das mit Tilletiasporen (0,2 g auf 100 g Weizen) infiziert ist. Das Roggensaatgut darf nicht mehr als zu 5% von gewöhnlichen Schimmelpilzen befallen sein.

Die Versuche zur Bestimmung der Keimfähigkeit und Triebkraft des unbehandelten und des gebeizten Getreides werden nach den „Technischen Vorschriften für die Prüfung von Saatgut"[4]) angesetzt. Triebkraftversuche dürfen auch in Sand von 0,75—1,5 mm Korngröße ausgeführt werden.[5]) Treten bei den Triebkraftversuchen Schäden auf, so ist die Bestimmung der Triebkraft außerdem noch in mittlerem Ackerboden ($p_H = 6$—7, wässerige Ausschüttelung) aus-

[1]) Gaßner, G., und Esdorn, I., Beiträge zur Frage der chemotherapeutischen Bewertung von Quecksilberverbindungen als Beizmittel gegen Weizensteinbrand. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **11**, 1923, 373—385.

[2]) Vogt, E., Methoden der Schädlingsbekämpfung II. Ztbl. Bakt. Abt. II **59**, 1923, 55—79.

[3]) Methoden zur Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 270.

[4]) Technische Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Landwirtschaftl. Versuchsstationen 107.

[5]) Volk, A., Die Untersuchung des Saatgutes auf Fusariumbefall. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. **6**, 1926, 2—3.

zuführen. Die Triebkraftversuche sind nach Möglichkeit nicht nur bei 18—22° C, sondern auch bei 6—10° C durchzuführen. Die Kontrolle der Versuche erfolgt an den in den „Technischen Vorschriften" vorgeschriebenen Terminen. Die Triebkraftversuche 6—10° C werden nach 3 Wochen kontrolliert.

Die Feldversuche werden auf je 3 Beeten von je 3 qm mit einer Sorte oder Herkunft, bei Hafer und Gerste mit 2 Sorten oder Herkünften ausgeführt. Bei Gerste werden auf jedes Beet 300 Körner bei einem Reihenabstand von 20 cm einzeln ausgelegt. Bei Weizen und Hafer ist Drillsaat anzuwenden, und zwar sind bei Weizen 25 g auf jedes Beet zu säen, bei Hafer die ortsübliche Menge.

Bei den Feldversuchen werden die Niederschläge während der ersten 6 Wochen nach der Aussaat, die Bodentemperatur, Bodenreaktion und Bodenfeuchtigkeit zur Zeit der Aussaat ermittelt.

Bei den Versuchen zur Prüfung von Mitteln gegen Weizensteinbrand *(Tilletia tritici* und *T. levis)* wird bei der Ernte die Zahl der kranken und gesunden Ähren ermittelt, bei den Versuchen gegen Haferflugbrand *(Ustilago avenae)* die kranken und gesunden Rispen. Bei der Prüfung von Mitteln gegen die Streifenkrankheit der Gerste *(Helminthosporium gramineum)* werden die gesunden und kranken Pflanzen ausgezählt. Fusariumversuche werden nur im Gewächshaus durchgeführt, da sich herausgestellt hat, daß die früher übliche Auszählung der Pflanzen im Herbst und Frühjahr vielfach kein Urteil über die Brauchbarkeit eines Mittels zulassen, weil die äußeren Einflüsse eine ausschlaggebende Rolle für die Entwicklung der Pflanzen während des Winters spielen.

Die Versuche werden bei der Vor- und Hauptprüfung in derselben Weise durchgeführt. Bei der Vorprüfung von Mitteln gegen Weizensteinbrand sind auch Laboratoriumsversuche mit Sporen vorgeschrieben. Die Einzelheiten der Prüfungsmethoden sind aus den Richtlinien für die Prüfung von Beizmitteln zu entnehmen.[1])

Außer auf die in diesen Richtlinien aufgeführten Methoden soll noch auf einige weitere hingewiesen werden.

Um für die Laboratoriumsversuche mit Weizensteinbrand einen gleichmäßigeren Nährboden zu haben, hat Krauß[2]) vorgeschlagen, statt Erde Schiefermehl zu verwenden. Da aber dieses Schiefermehl erst durch Behandlung mit Kalkwasser und mehrmaliges Auswaschen mit Leitungswasser für die Versuche geeignet ist und es außerdem meistens durchaus erwünscht ist, die Versuche unter verschiedenen Bedingungen anzusetzen, hat die Methode von Krauß keine weitere Verbreitung erfahren. Für die Prüfung von Trockenbeizmitteln sind von Pichler[3]) und Esdorn[4]) weitere Methoden vorgeschlagen worden. Nach

---

[1]) Methoden zur Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 270.

[2]) Krauß, J., Beitrag zur Methodik der Beizmittelprüfung im Laboratorium. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **8**, 1928, 71—72.

[3]) Pichler, F., Eine Methode zur Überprüfung von Trocken- (Staub-) Beizmitteln im Laboratorium. Chemiker-Ztg. **49**, 1925, 879—880; ders., Erprobung von Saatgutbeizmitteln im Laboratorium. I. Gegen Weizensteinbrand. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. -schutz **45**, 1935, 114—131.

[4]) Esdorn, I., Die Feststellung der Wirkung von Trockenbeizmitteln im Laboratoriumsversuch. Angew. Bot. **10**, 1928, 178—186.

beiden Methoden wird zur Beobachtung der Sporenkeimung das Weizenkorn in einem Tropfen Wasser abgespült, und es werden darauf die in dem Wassertropfen vorhandenen Konidien festgestellt.

Für die Prüfung von Mitteln gegen Fusarium im Laboratorium sind Methoden von Winkelmann[1]) und Wolff[2]) beschrieben worden. Bei der ersteren Methode wird natürlich infiziertes Saatgut verwendet. Wolff verwendet künstlich infizierte Körner, die durch ½ stündiges Tauchen in eine Konidienaufschwemmung von *Fusarium culmorum* gewonnen werden.

Versuche mit Mitteln zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes und Haferflugbrandes können auch im Gewächshaus durchgeführt werden. Die Pflanzen kommen jedoch nur dann zur Ähren- bzw. Rispenbildung, wenn sie zusätzlich künstlich belichtet werden.[3])

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Laboratoriumsmethoden für die Prüfung von Beizmitteln die Gewächshaus- bzw. Feldversuche nicht ersetzen können. Diese Methoden ermöglichen aber schon insofern eine Auswahl der Mittel, als man die Mittel, die bereits im Laboratoriumsversuch versagen, ausscheiden kann.

Für die Prüfung von Mitteln zur Bekämpfung pilzlicher Krankheitserreger im Obst-, Wein- und Ackerbau sind zwar eine Reihe von Laboratoriumsmethoden beschrieben worden, die sich aber meist darauf beschränken, leicht in Kultur zu haltende Pilze in die Lösung der zu prüfenden Mittel zu bringen.[4]) Abgesehen davon, daß von der Wirkung eines Mittels gegen einen Pilz nicht auf die gegen andere geschlossen werden kann, weichen die Methoden meist so von den natürlichen Verhältnissen ab, daß sie für die Mittelprüfung ohne praktische Bedeutung geblieben sind. Vor allem ist es nicht angängig, die Erreger unabhängig von der Wirtspflanze der Einwirkung der Mittel auszusetzen, da man z. B. bei den kupferhaltigen Mitteln zum Teil noch einen Einfluß der Wirtspflanze auf das Fungizid annehmen muß. Außerdem spielen vielfach der Gesundheitszustand der Pflanze und Außenfaktoren eine große Rolle bei der Wirkung eines Mittels. Deshalb sind Freiland- bzw. Gewächshausversuche für die Beurteilung solcher Mittel unerläßlich. Neuerdings geht das Bestreben dahin,

---

[1]) Winkelmann, A., Eine Methode zur Prüfung von Mitteln gegen Fusarium im Laboratorium. Nachrbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **13**, 1933, 49—50.

[2]) Wolff, F., Eine Laboratoriumsmethode zur schnellen Prüfung von Saatgutbeizmitteln (bes. zur Fusarium-Bekämpfung). Pflanzenbau, -schutz und -zucht **10**, 1933, 228—233.

[3]) Voß, J., Die Unterscheidung der Weizensorten am Korn und im Laboratoriumsversuch. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **50**, 1935, 54.

[4]) Schmidt, E. W., Neue Methoden für mykologische und phytopathologische Arbeiten. Ztrbl. Bakt. Abt. II **61**, 1924, 378—382; McCallan, S. E. A., Studies on fungicides II. Testing protective fungicides in the laboratory. Corn. Univ. Agric. Exp. Stat. Memoir **128**, 1930, 8—24; Goodwin, W., Salmon, E. S., and Ware, W. M., The action of certain chemical substances on the zoospores of *Pseudoperonospora humili (Miy. et Takah.)* Wils. Journ. Agric. Sci. **19**, 1929, 185—200; Uppal, B. N., Toxicity of organic compounds to the spores of *Phytophthora colocasiae Rac.* Journ. Agr. Res. **32**, 1926, 1069—1097; Palmiter, D. H., and Keith, G. W., The toxicity of copper-lime-arsenic mixtures to certain phytopathogenic fungi grown on malt agar plates. Journ. of Agr. Res. **55**, 1937, 439—452.

die Prüfung dadurch sicherer zu gestalten, daß man die Krankheit durch künstliche Infektion im Freiland[1]) oder im Gewächshaus[2]) hervorruft.

Im folgenden sollen einige Beispiele für die Durchführung von Freilandversuchen gegeben werden.

Prüfung von Mitteln gegen Fusikladium. Für die Versuche sind je 5 Bäume gleicher Sorte und gleichen Alters zu wählen. Die Spritzungen werden zu den üblichen Terminen vorgenommen. Bei der Ernte wird die Zahl und der Prozentsatz der stark, mittel, schwach und nicht von Fusikladium befallenen Früchte ermittelt.[3])

Die Prüfung von Mitteln gegen Fusikladium im Freiland ist in sehr starkem Maße von klimatischen Verhältnissen abhängig, und es ist gerade bei der Prüfung dieser Mittel erstrebenswert, die Prüfung ins Laboratorium oder Gewächshaus zu verlegen. Die Gewächshausversuche waren erst möglich, nachdem künstliche Infektionen mit Fusikladium gelangen. Hamilton[4]) verwendete besondere Infektionskammern, die es ermöglichten, eingetopfte Bäumchen feucht genug zu halten, damit die Infektionen angingen. Er suchte insbesondere die Frage zu klären, wann vor bzw. nach der Infektion die Anwendung der Mittel erfolgen muß. Infolgedessen bespritzte oder bestäubte er die Bäumchen in verschiedenen Abständen vor oder nach der Infektion. Auch Küthe[5]) und Winkelmann und Holz[6]) sind Infektionen mit Fusikladium inzwischen gelungen, so daß die Prüfung von Mitteln gegen Fusikladium im Gewächshaus keine Schwierigkeiten mehr macht.

Für die Prüfung von Mitteln gegen Krankheiten des Weinstocks sind eingehende Richtlinien für solche gegen Peronospora, Roten Brenner *(Pseudopeziza tracheiphila)* und Oidium ausgearbeitet worden.[7]) Da das Auftreten der Peronospora in besonders starkem Maße von Witterungsverhältnissen abhängig ist, hat man vielfach versucht, die Prüfung solcher Mittel ins Laboratorium oder Gewächshaus zu verlegen. Die Methode von Kotte[8]), bei der Konidienaufschwemmungen in die zu prüfenden Mittel gebracht werden, entspricht in

---

[1]) Zillig, H., und Niemeyer, L., Methode zur Prüfung von Peronospora-Bekämpfungsmitteln im Freiland unter Anwendung künstlicher Infektion. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 39—41.

[2]) Staudermann, W., Methode zur Prüfung von Peronospora-Bekämpfungsmitteln. Ebd. 43—54; Hampp, H., und Jehl, J., Zwei neue Methoden zur Prüfung der pilztötenden Wirkung der Hopfenperonospora-Bekämpfungsmittel. Ebd. 55—60.

[3]) Vgl. auch Winkelmann, Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 22.

[4]) Hamilton, J. M., Studies on the fungicides action of certain dusts and sprays in the control of apple scab. Phytop. **21**, 1931, 445—523.

[5]) Küthe, K., Zur Infektion und Kultur des Apfelschorfes *Venturia inaequalis (Cooke)* Aderhold. Gartenbauwiss. **9**, 1935, 405—420.

[6]) Winkelmann, A., und Holz, W., Beiträge zur Biologie und Bekämpfung des Apfelschorfes *(Fusicladium dendriticum (Wallr.) Fckl.)* II. Ztrbl. Bakt. Abt. II, **94**, 1936, 196—215.

[7]) Winkelmann, A., Richtlinien für die amtliche Prüfung von Mitteln zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen im Weinbau. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 43—54.

[8]) Kotte, W., Laboratoriumsversuche zur Chemotherapie der Peronosporakrankheit. Ztrbl. Bakt. Abt. II, **61**, 367—378.

keiner Weise den natürlichen Bedingungen. Bei der von Görnitz[1]) beschriebenen Methode werden abgeschnittene Blätter künstlich infiziert. Bei dieser Methode faulen aber die Blätter nach 10 Tagen, so daß dann der Versuch abgebrochen werden muß. Eine Methode zur Prüfung von Mitteln gegen Peronospora, die den natürlichen Bedingungen weitgehend entspricht, ist von Staudermann[2]) ausgearbeitet worden. Um die Prüfung von Peronosporamitteln im Freiland sicherer zu gestalten, ist von Zillig und Niemeyer[3]) versucht worden, die Reben im Freien künstlich zu infizieren. Bei der Bewertung der Mittel nach dem Augenschein wird folgende Skala zugrunde gelegt:

1 = Wirkung sehr gut
2 = „ gut
3 = „ noch ausreichend
4 = „ nicht ausreichend
5 = „ völlig ungenügend

Außerdem wird der Lederbeerenbefall nach dem Augenschein folgendermaßen beurteilt:

0 = kein Befall
1 = sehr schwacher Befall (vereinzelt bis 5%)
2 = schwacher Befall (gleichmäßig bis 10%)
3 = mäßiger Befall (gleichmäßig bis 25%)
4 = starker Befall (bis 50%)
5 = sehr starker Befall (über 50%)

Für die Prüfung von Mitteln gegen Oidium sind nur Freilandversuche vorgesehen. Die Bewertung erfolgt nach dem Augenschein wie bei der Peronospora nach dem Befall an den Blättern.

Bei der Prüfung von Mitteln gegen den roten Brenner sind Laboratoriums-, Gewächshaus- und Freilandversuche vorgesehen. Bei den Laboratoriumsversuchen wird die Wirkung der Mittel auf die Askosporen geprüft. Bei den Gewächshausversuchen werden Topfreben nach der Behandlung künstlich infiziert. Zur Feststellung der Wirkung wird der Prozentsatz der befallenen Blätter angegeben. Um bei den Freilandversuchen sicher eine Infektion zu erreichen, wird unter den Stöcken trockenes befallenes altes Reblaub ausgebreitet. Die Bewertung wird nach dem Augenschein unter Zugrundelegung der bei Peronospora angegebenen Skala vorgenommen.

Bei den Mitteln, die im belaubten Zustande der Pflanzen zur Anwendung kommen, ist eine Prüfung der Wirkung auf die Pflanze unbedingt erforderlich. Bei Mitteln im Obstbau werden deshalb in besonderen Versuchen Apfel-, Birnen- und Kirschenzweige gespritzt. Im Weinbau werden für die Versuche drei er-

---

[1]) Görnitz, K., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln IV. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **46**, 1933, 5—59.

[2]) Staudermann, W., Methode zur Prüfung von Peronosporamitteln im Gewächshaus. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 43—54.

[3]) Zillig, H., und Niemeyer, L., Methode zur Prüfung von Peronospora-Bekämpfungsmitteln im Freiland unter Anwendung künstlicher Infektion. Mitt. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 39—41.

fahrungsgemäß als empfindlich bekannte Rebsorten gewählt. Die aufgetretenen Verbrennungen werden zahlenmäßig ausgedrückt:

0 = keine Verbrennungen
1 = Spuren von Verbrennungen
2 = geringe Verbrennungen (Rand- und Spitzenverbrennungen)
3 = mittelstarke Verbrennungen (halbe Blätter verbrannt)
4 = starke Verbrennungen (ganze Blätter verbrannt)

Prüfung von Kohlherniemitteln. Die Ergebnisse der Prüfung von Kohlherniemitteln im Freiland[1]) sind oft so schwankend, daß Bremer, Wehnelt und Brandenburg[2]) dazu übergegangen sind, nur noch Gewächshausversuche auszuführen. Bei diesen Versuchen wird der Boden mit einer bestimmten Zahl von Sporen des Erregers vermischt.

Prüfung von Unkrautbekämpfungsmitteln.[3]) 1. Unkräuter auf Wegen und Plätzen. Für die Versuche werden stark verunkrautete Flächen gewählt. Bei Abschluß der Versuche — im allgemeinen im Herbst — wird festgestellt, welche Pflanzen durch die Behandlung nicht abgetötet wurden.

2. Hederich und Ackersenf. Die Versuche werden auf Flächen, die einen möglichst gleichmäßigen Bestand von Hederich oder Ackersenf haben, durchgeführt. Stehen solche Flächen nicht zur Verfügung, so kann durch Einsäen von *Sinapis arvensis* Versuchsmöglichkeit geschaffen werden. Bei Spritzmitteln soll das Versuchsstück mindestens eine Spritzenbreite haben. Vor der Anwendung der Mittel werden auf den zu behandelnden Flächen 10, auf den als unbehandelt vorgesehenen Flächen 3 Teilstücke von je 1 qm Größe abgesteckt und die Zahl der vorhandenen Unkrautpflanzen festgestellt. 8—10 Tage nach der Behandlung werden die Unkrautpflanzen auf den Teilstücken nochmals ausgezählt. Die Wirkung der Mittel wird außerdem zur Zeit der Blüte der Unkrautpflanzen nach dem Augenschein beurteilt.

## 2. Prüfung von Pflanzenschutzmitteln gegen tierische Schädlinge

Die biologische Prüfung eines Giftes im Tierversuch soll ein zuverlässiges Urteil über die Wirkungsweise und den Wirkungsgrad ermöglichen.

Der Vergiftungsverlauf, d. h. die Reaktion des Tieres nach Aufnahme des Giftes, kann unter verschiedenen Bedingungen sehr verschiedenartig sein. Für den Versuchsansteller muß es darauf ankommen, die für die Prüfung des Giftes gewünschten Bedingungen zu schaffen und während des Versuches konstant zu halten. Neben den Außenfaktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit, Sonnenstrahlung und andere ist für den Vergiftungsverlauf entscheidend die Beschaffenheit des Tiermaterials. Individuelle Eigenschaften wie Alter, Entwicklungsstadium, Rasse, Geschlecht, Ernährungszustand und die physiologische Disposition sind

[1]) Winkelmann, A., Richtlinien für die Prüfung von Mitteln gegen Kohlhernie. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. 55, 1937, 23.

[2]) Bremer, H., Wehnelt, B., und Brandenburg, E., Zur Prüfung von Bekämpfungsmitteln gegen Kohlhernie. Ebd. 61—80.

[3]) Winkelmann, A., Richtlinien für die Prüfung von Unkrautbekämpfungsmitteln. Ebd. 29—30.

bei einer Giftprüfung zu berücksichtigen. Gewisse Abweichungen von dem normalen Verhalten einer Art und auch eines Entwicklungsstadiums treten immer als individuelle Variabilität einer Population in Erscheinung. In einer bestimmten Größenordnung vorhandene Varianten sind physiologisch verschieden potenziert, und daraus ergibt sich auch eine geringere oder größere Widerstandsfähigkeit gegen Gifteinwirkungen. Die Mittelvariante umfaßt die größte Individuenzahl einer Population und ist für die Beurteilung einer Giftwirkung allein maßgeblich, alle Abweichungen können unter einwandfreien Bedingungen als „Streuung" (Johannsen)[1]) aufgefaßt werden.

Es können im folgenden nur Richtlinien zusammengestellt werden, die von grundsätzlicher Bedeutung für Mittelprüfungsverfahren des deutschen Pflanzenschutzdienstes sind. Eine Berücksichtigung spezieller Fragen, z. B. der Tierhaltung, der Anwendung und der Einrichtung von Apparaturen würde über den gestellten Rahmen hinausgehen, zumal derartige Einzelheiten in zahlreichen Veröffentlichungen der Fachliteratur eingehend erörtert werden und zum größten Teil in den „Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft" 1937, Heft 55 zusammengestellt sind. Die Methoden der biologisch-technischen Prüfungsverfahren unterliegen einer dauernden Weiterentwicklung und Verbesserung. Verlangt wird aber von jeder Prüfungsmethode, daß sie den Bedürfnissen des Tier- und Pflanzenkörpers in physiologischer und ökologischer Hinsicht angepaßt ist. Die Innehaltung und Beachtung der Existenzbedingungen des Organismus ist daher besonders im Laboratoriumsversuch die erste Forderung.

Zur Prüfung eines Mittels ist ein Laboratoriumsversuch (oder Gewächshausversuch) unter genau kontrollierbaren Bedingungen, sowie ein unter natürlichen Verhältnissen stattfindender Freilandversuch erforderlich.

Einheitlichkeit und Gleichartigkeit der Versuchsbedingungen. Im Laboratorium werden unter gleichen Bedingungen folgende Versuchsreihen angesetzt:

1. Versuche mit dem zu prüfenden Mittel.
2. Versuche mit einem bekannten Vergleichsmittel.
3. Versuche ohne Giftgaben mit Normalfutter.
4. Versuche ohne Giftgaben und ohne Futter (Hungerversuch).

Bei diesen Versuchen werden die vom Hersteller des Mittels gegebenen besonderen Anweisungen eingehalten. Das Vergleichsmittel muß in seiner Anwendungsweise und seiner physikalischen Beschaffenheit mit dem zu prüfenden Mittel übereinstimmen und in seiner Wirkung bekannt sein. Ebenso muß der wirksame Stoff natürlich in beiden Mitteln derselbe sein. Handelt es sich um einen völlig neuen chemischen Wirkstoff, so muß als Vergleichsmittel das für die Tierart bisher am besten wirksame Mittel gewählt werden. Der Vergleichsversuch ohne Giftgaben mit Normalfutter ist zur Kontrolle des Gesundheitszustandes der Tiere notwendig, und zeigt eine etwa vorhandene natürliche Sterblichkeit oder die Einwirkung ungünstiger Versuchsbedingungen an. Der

---

[1]) Johannsen, W., Experimentelle Grundlagen der Deszendenztheorie in: Kultur der Gegenwart. Leipzig 1914.

Parallelversuch mit hungernden Tieren läßt gegenüber Fraßgiften, die eine fraßabschreckende Wirkung haben, die Zeit des Hungertodes erkennen.

Sämtliche zu einer Reihe gehörenden Versuche müssen bei gleichen Temperaturen gehalten werden. In den meisten Fällen wird die im Laboratorium oder Gewächshaus herrschende Temperatur (19—23°) ausreichen. Ebenso wichtig ist gleichbleibende Luftfeuchtigkeit. Zur Erzielung höherer Feuchtigkeitsgrade, als sie im Laboratorium oder Gewächshaus vorhanden sind, müssen besondere Zuchtschalen (Janisch)[1]) mit einem Salzbrei (Obermillersche Salzbreimethode) verwandt werden. Der Feuchtigkeitsgrad ist dabei wieder von dem benutzten Salz, z. B. $K_2SO_4$, $KNO_3$, KCl usw., abhängig.

Das Hauptaugenmerk ist beim biologischen Versuch auf Eignung und Homogenität der Versuchstiere zu lenken. Ist ein Mittel gegen eine bestimmte Tierart oder Tiergruppe zu prüfen, so hat der Versuchsansteller die genannte Art oder ein geeignetes Tier dieser Gruppe zu wählen. Handelt es sich um eine Insektenart, so ist für jeden Versuch eine möglichst große Zahl Larven oder Imagines der gleichen Population, des gleichen Häutungs- und Altersstadiums anzusetzen. Erste und letzte Entwicklungsstadien (Eiräupchen und verpuppungsreife Larven) sind für solche Versuche ungeeignet. Bei einer leicht in Zucht zu haltenden Art sind bei gutem Gesundheitszustand mindestens 20—30 Tiere für den Vieltierversuch zu verwenden. Für den Einzeltierversuch sind 10 Einzeltiere gesondert parallel zu beobachten. Natürlich müssen für die übrigen Versuche derselben Reihe die gleiche Tierart und gleiche Stadien ausgesucht werden. Auch die morphologisch-anatomische Beschaffenheit des Tierkörpers ist bei der Wahl der Versuchstiere zu berücksichtigen. Insekten mit stark verkrustetem Chitinskelett oder besonders dichter Behaarung wird man nicht zur Prüfung eines Berührungsgiftes nehmen können. Die Dicke der Chitinschicht nimmt von jüngeren zu älteren Häutungsstadien zu, und ebenso wächst mit dem Alter die Widerstandsfähigkeit der Art. Bei einzelnen Insektenarten ist eine überaus hohe artspezifische Resistenz gegen bestimmte Gifteinwirkungen festgestellt, die in der physikalisch-chemischen Struktur des Organismus begründet ist. Die Berücksichtigung solcher Erfahrungen bei der Beurteilung einer Giftwirkung ist von besonderer Bedeutung. Insektenarten, die in der Zucht schon eine hohe Sterblichkeit besitzen, sind für jeden Versuch einer Mittelprüfung ungeeignet. Einwandfreies Tiermaterial kann in jedem Falle nur einer eigenen vom Ei ab genau kontrollierten Zucht entspringen. Ein sogenanntes Standardtier, also eine Art, mit der sich jeder beliebige Versuch anstellen läßt, kann es infolge der Vielgestaltigkeit der Reaktionsweise von Gift und Körperzellen niemals geben.

Auch die Futterpflanze muß gesund sein und gern genommen werden und darf in keiner Versuchsserie und keiner Zucht gewechselt werden. Futtergaben und Futterwechsel (nach Aufnahme des Giftfutters vom 4. Tage ab unvergiftetes Futter) müssen zur gleichen Zeit in der ganzen Reihe erfolgen.

---

[1]) Janisch, E., Untersuchungen über die Ökologie und Epidemiologie der Nonnen. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **20**, 1933, 277. — Physiologische Grundlagen der Nonnenprognose. Anz. f. Schädlingskunde **12**, 1936, 77—82.

Die Anwendung der zu prüfenden Mittel muß ebenfalls einheitlich vorgenommen werden. Eine gleichmäßige Dosierung von Spritz- und Stäubemitteln ist eine Notwendigkeit. Hierzu sind im Laboratorium Dosierungsapparate geeignet, wie sie für Spritzflüssigkeiten von Trappmann und Nitsche[1]), für Stäubemittel von Lang und Welte[2]) (Dosierungsglocke) beschrieben wurden. Einen für Spritz- und Stäubemittel geeigneten Dosierungsapparat hat Görnitz[3]) konstruiert. Die anzuwendenden Konzentrationen sind meist vom Hersteller der Mittel angegeben, anderenfalls muß durch empirische Versuche die wirksamste, dabei niedrigste Konzentration ermittelt werden. Bei Freilandversuchen müssen größere trag- oder fahrbare Spritz- oder Stäubegeräte Verwendung finden.

Die Auswertung der Tierversuche erfordert vom Versuchsansteller große Erfahrung und einen sicheren Blick für Fehlerhaftes und Richtiges. Die Kontrollen, d. h. die Untersuchung des Gesundheitszustandes nach einer bestimmten Zeit seit Versuchsbeginn sowie die Feststellung der Fraßmenge, sind je nach der Giftart, ob es sich um Fraß- oder Berührungsgifte handelt, zu bestimmten und regelmäßigen Zeiten durchzuführen.

Laborversuche. Bei Fraßgiften gegen Insekten soll der Versuch sowohl im Einzel- wie im Vieltierkäfig 14 Tage lang einer Kontrolle unterstehen, dabei wird vom ersten bis dritten Tage vergiftetes, vom vierten Tage ab in der ganzen Reihe unvergiftetes Futter gegeben, vorausgesetzt, daß bis zu dieser Zeit das Giftfutter aufgenommen worden ist. Die Auszählung der toten bzw. kranken Tiere, sowie die Angabe der aufgenommenen Futtermenge soll im Einzeltierversuch täglich, im Vieltierversuch am 2., 4., 6., 8., 10. und 14. Tage erfolgen. Zeigen Versuchstiere bereits vor Versuchsbeginn eine geringe Freßlust, so läßt man sie einen Tag hungern. Die Fraßmenge wird in Zahlenwerten von 0—5 angegeben:

0 = kein Fraß
1 = Fraßspuren
2 = geringer Fraß
3 = mittelstarker Fraß
4 = starker Fraß
5 = sehr starker Fraß

Jeder Versuch ist im allgemeinen bis zum Tod des letzten Tieres oder bis zur scheinbaren völligen Gesundung zu beobachten. Tiere, die einen Vergiftungsversuch überstanden haben, dürfen zu keiner weiteren Prüfung mehr verwandt werden. Als tot kann ein Tier angesprochen werden, wenn es auf mechanische Reize keine erkennbaren Lebenszeichen mehr äußert. Schwieriger ist die Bewertung einer Giftwirkung bei großen Tierkolonien, z. B. Blutlaus, Blattlaus, Schmierlaus. Eine Auszählung der Tiere wäre eine unendlich mühselige Methode, die dazu noch keine Genauigkeit besonders bei viviparen oder ovoviviparen

[1]) Trappmann, W., und Nitsche, G., Eine einfache Dosierungsvorrichtung bei Laboratoriumsversuchen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **14**, 1934, 51—52.

[2]) Lang, W., und Welte, E., Zur Prüfung staubförmiger Erdflohmittel. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 75—76.

[3]) Görnitz, K., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Berlin-Dahlem **46**, 1933, 5.

Tieren beanspruchen kann. Man schätzt daher in der oben angegebenen Größenordnung:

0 = keine Tiere tot ........ = 0%
1 = wenig Tiere tot ....... = 20%
2 = Tiere teilweise tot ..... = 50%
3 = Tiere größtenteils tot . = 80%
4 = Tiere fast alle tot ..... = 90—95%
5 = alle Tiere tot ........ = 100%

Sterben in dem ohne Gift angesetzten Versuch etwa 50% der Tiere infolge anderer Ursachen, so ist die ganze Versuchsreihe nicht auswertbar. In derselben Weise sind mit Zahlenwerten auch die durch die Giftbehandlung sich zeigenden Schäden der Pflanze auszudrücken (Verbrennungen). Versuche, bei denen eine Bewertung schwierig erscheint, sind am besten zu wiederholen. Auf die Abhängigkeit der Kotmenge (besonders bei Insekten) von der Fraßgiftwirkung sei besonders hingewiesen. Die Berücksichtigung der Kotmenge wird in den meisten Fällen zu einer einwandfreien Bewertung beitragen, denn die Kotmenge ist von der Lebensdauer abhängig, und nach der Lebensdauer wird die Wirkung des Mittels beurteilt.

Geringe Kotmenge — kurze Lebensdauer — gute Wirksamkeit
Große „ — „ „ — genügend wirksam
Geringe „ — lange „ — fraßabschreckend
Große „ — „ „ — ungenügend wirksam

Kotmengen sind quantitativ anzugeben mit der Zahl der abgetöteten Tiere.

Bei Berührungsgiften kann von Einzeltierversuchen abgesehen werden. Die Kontrollen im Vieltierversuch müssen gleichzeitig in kürzeren Zeitabständen erfolgen und sind erstmalig 2 Stunden nach der Behandlung vorzunehmen und ebenfalls über 14 Tage auszudehnen. Mittelprüfungen gegen saugende Insekten, z. B. Blattläuse und Spinnmilben sind an befallenen Topfpflanzen oder abgeschnittenen Zweigen durchzuführen. Die Tiere sind an der Nährpflanze zu behandeln, und bei den Kontrollen ist der „Bodenfall" (herabgefallene Tiere) durch Schätzung mit anzugeben. Bei Blutlausmitteln ist auf die Wachslöslichkeit zu achten und nach Nitsche[1]) zu bewerten.

Zur Prüfung von Berührungsgiften als Winter- und Sommerspritzmittel eignen sich fast alle Eigelege von Schadinsekten. Leicht zu beschaffen sind immer Eier vom Apfelblattsauger und der Apfelblattlaus. Die abgeschnittenen Zweige werden in das Mittel getaucht, die Flüssigkeit läßt man abtropfen und beobachtet die so behandelten Eier die Schlüpfzeiten hindurch. Die Tauchzeit beträgt bei Winterspritzmitteln eine Minute, bei Sommerspritzmitteln 15 Sekunden. Neben den Laborversuchen sind diese Mittel auch im Freiland durchzuprüfen.

Die Prüfung von Ködergiften. Bei im Boden lebenden Insektenlarven, z. B. Tipuliden, sind die natürlichen Verhältnisse im Versuchsgefäß möglichst nachzuahmen. Die Gefäße sind groß zu wählen, Feuchtigkeit und Tem-

[1]) Nitsche, G., Die Bestimmung des Wachslösungsvermögens von Blutlausmitteln. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **13**, 1933, 9—10 u. 18.

peratur sind besonders sorgfältig zu erhalten. Dabei sind Versuchsreihen anzusetzen, die

1. nur Giftköder enthalten,
2. Giftköder und unvergiftetes Futter,
3. ein Vergleichsversuch mit unvergiftetem Futter,
4. ein Hungerversuch.

Die Kontrollen sind jeden zweiten Tag 10 Tage lang auszuführen.

Räucher- und Vergasungspräparate werden in dicht schließenden Zellen, am besten im Gewächshaus erprobt. Die erforderlichen Feuchtigkeitsgrade müssen auch hier vorhanden sein. Nach Beendigung der Durchgasung sind die Kontrollen auf abgetötete Tiere (z. B. Spinnmilben) und auf den Gesundheitszustand der Pflanzen auszuführen. Nach 4 und 10 Tagen erfolgen weitere Durchsichten.

Zur Prüfung von Bodendesinfektionsmitteln wird eine Methode von Thiem[1]) angegeben. Zwei Blumentöpfe werden ineinander gestellt und der obere etwas überstehende mit Erde gefüllt. In den Zwischenraum der beiden Topfböden kommen mit etwas Erde die Versuchstiere (Erdraupen, Engerlinge, Drahtwürmer usw.). Die Ablauflöcher der Töpfe werden vergipst und der seitliche Zwischenraum zwischen Außen- und Innentopf wird mit Lehmbrei verschmiert. Die Kontrolle ist auf diese Weise sehr einfach, man hebt nur den oberen Topf heraus und zählt tote und lebende Tiere aus. Um die Durchdringungsfähigkeit des Mittels zu prüfen sind mehrere Töpfe mit verschiedenen Bodenarten anzusetzen. Die Mittel werden auf der Erde des obersten Topfes gleichmäßig verteilt. Dabei kann die Einwirkung auf die Pflanze im gleichen Topf gut beobachtet werden. Zur Prüfung von Mitteln gegen Insektenpuppen wird von Thiem ein besonderer Holzkasten verwandt, der, mit Erde gefüllt, Puppen in verschiedener Bodentiefe enthält. Unbehandelte Vergleichsversuche sind hier besonders wichtig.

Freilandversuche. Die Anlage von Freilandversuchen bedarf noch einiger Hinweise. Der Versuchsansteller ist hier immer von den örtlichen Verhältnissen abhängig und muß versuchen, seine Wünsche mit den gegebenen Bedingungen in Einklang zu bringen. Es können daher keine Einheitsmethoden angegeben werden, sondern nur Gesichtspunkte genannt werden, die bei Freilandversuchen immer zu berücksichtigen sind. Gleiche Versuchsreihen müssen natürlich zur gleichen Zeit und unter gleichen Außenbedingungen angesetzt werden. Alle Vorbehandlungen von Böden oder Kulturen müssen in der gleichen Weise erfolgen, ebenso ist auch die Auswertung in allen Vergleichs- und Parallelreihen gleichmäßig vorzunehmen. Es wird hierbei immer auf ein gutes Auge ankommen. Wenn möglich sind Schätzungen aber durch teilweise Auszählungen zu ergänzen. Pflanzenschädigungen, die offensichtlich durch die Behandlung entstanden sind, werden durch Schätzung in der Größenordnung 0—5 angegeben. Immer sind bei den Kontrollen die Witterungsbedingungen aufzuzeichnen, z. B. Niederschlagsmenge, Windrichtung, Temperaturen, Sonnenstrahlung. Versuchsflächen müssen gleich groß sein, gleiche Bodenverhältnisse und gleiche Düngung aufweisen.

[1]) Thiem, H., Beiträge zur Epidemiologie und Bekämpfung der Kirschfruchtfliege *(Rhagoletis cerasi)*. Arb. phys. angew. Entom. Berlin-Dahlem **1**, 1934, 59.

Handelt es sich um Beobachtung von Bäumen oder Sträuchern, so ist auf gleiche Größe und Standortbedingungen zu achten. Genaue Anleitungen für die Prüfung von Spritz- und Stäubemitteln im Freiland geben Trappmann und Tomaszewski[1]) für Apfelsauger, Apfelblattlaus, (Zwetschen-)Schildlaus und beißende Insekten.

Es wurde erwähnt, daß für jeden Schädling entsprechend seiner Lebensweise eigene Prüfungsmethoden ausgearbeitet werden müssen. Im folgenden sollen nun einige Verfahren, die sich als brauchbar erwiesen haben, an einzelnen Gruppen von Schädlingen angeführt werden.

Methoden für Mittelprüfungen gegen Heu- und Sauerwurm im Weinbau sind von Winkelmann[2]) veröffentlicht worden. Zur Zeit eines starken Traubenwicklerfluges werden arsenhaltige Spritz- und Stäubemittel, 10 Tage nach dem Hauptflug Berührungsgifte angewandt. Zieht sich durch ungünstige Witterungsbedingungen die Flugzeit in die Länge, so sind für jede Generation zwei bis drei Spritzungen oder Bestäubungen nötig. Da der Wicklerbefall in einem Versuchsblock oft sehr ungleich sein kann, werden unbehandelte Parzellen schachbrettartig über den Block verteilt. Etwa 10 Tage nach der Behandlung werden beim Heuwurm mindestens 200 Blütenstände (Gescheine), bei der Sauerwurmbekämpfung ebensoviel Trauben auf die Wirkung der Mittel untersucht. Wird bei den Kontrollen ein so geringer Wicklerbefall festgestellt, daß auf 100 Gescheine oder Trauben weniger als 30 Larven entfallen, so kann diese Parzelle für den Versuch nicht mehr ausgewertet werden. Bei den Kontrollen der unbehandelten Vergleichsversuche sowie der Giftversuche werden die lebenden Larven gezählt. Werden z. B. in der unbehandelten Parzelle 130, in der behandelten 12 lebende Räupchen im Mittel gefunden, so nimmt man die Zahl der abgetöteten Tiere mit 118 an. Den Prozentsatz der toten Larven berechnet Winkelmann folgendermaßen:

$$\frac{\text{Zahl der abgetöteten Larven} \cdot 100}{\text{Zahl der Larven im unbeh. Vergl.-Vers.}} = \%.$$

Bei oben erwähntem Beispiel: $\frac{118 \cdot 100}{130} = 90{,}8\%$ toter Larven.

Eine Methode zur Prüfung von Kontaktmitteln gegen Heu- und Sauerwurm im Laboratorium ist von Maercks[3]) ausgearbeitet worden. Freilandversuche lassen nicht immer ein richtiges Urteil über die Wirkung eines Mittels zu, da der Wicklerbefall innerhalb eines Wingerts an den einzelnen Gescheinen erheblich schwanken kann. Maercks gibt eine Auszählung an, in der die Zahl der Räupchen an 100 Gescheinen von 10—100 schwankte. Um diese Fehlerquelle möglichst auszuschalten, wird die Prüfung von Kontaktmitteln an Eiern und Larven im Labor vorgeschlagen. Eine gut gelungene Zuchtmethode der Tiere wird von Maercks beschrieben.

Die Eier des Traubenwicklers eignen sich zu Kontaktmittelprüfungen infolge ihrer Durchsichtigkeit ausgezeichnet. Ist der Embryo zur schlüpffertigen Larve entwickelt, so werden die an der Unterlage haftenden Eier bei Spritzmitteln getaucht und dabei bewegt, um Luftbläschen zu entfernen. Bestäubt werden die Eier in der Lang-Welteschen Glocke. Die Giftwirkung wird bei Pyrethrum- und Derrismitteln erst nach dem Verlassen der Eihüllen sichtbar. Bei nikotinhaltigen Präparaten sterben die Larven bereits in der Eihülle ab. Für die Feststellung der Wirkungsdauer sollen sich Eier mit den ersten Entwicklungsstadien des Embryos (Eistadien I—IV) eignen, den Wirkungsgrad erprobt man kurz vor dem Schlüpfen der Larven (Eistadium V).

---

[1]) Trappmann, W., und Tomaszewski, W., Allgemeine Richtlinien für die Prüfung von Insektiziden. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 81—142.

[2]) Winkelmann, A., Richtlinien für die amtliche Prüfung von Mitteln zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen im Weinbau. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 31—37.

[3]) Maercks, H., Methode zur Prüfung von Kontaktmitteln gegen Traubenwickler im Laboratorium. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 143—150.

### 3. Prüfung von Mitteln gegen Vorratsschädlinge

Eine besondere Stellung nehmen alljährlich die Prüfungen von Mitteln gegen Vorratsschädlinge ein, die für den Pflanzenschutz insofern von Bedeutung sind, als sie auch Vorräte an Saat- und Pflanzgut befallen. In erster Linie kommen hier Mittel gegen Kornkäfer und andere Saatgutschädlinge in Betracht. Die Methode der Prüfung richtet sich ganz nach der Anwendungsform der Mittel. Die Prüfung erfolgt im Labor als Vorprüfung und in einem Speicher eines landwirtschaftlichen Betriebes als Hauptprüfung. Im Laborversuch sollen nach Kunike[1]) Käfer im Alter von 14 Tagen bis 4 Wochen, die man einer genau kontrollierten Zucht entnimmt, Verwendung finden.

Bei Spritzmittelprüfungen werden 500—1000 Käfer mit einer bestimmten Menge Flüssigkeit auf einer geeigneten Unterlage bespritzt (50 $cm^3$ je $m^2$ bei unverdünnten Mitteln; 200 $cm^3$ je $m^2$ bei verdünnten Mitteln). Darauf läßt man die Käfer auf der Unterlage trocknen und setzt sie dann in Glasgefäße mit Weizen. Die Kontrollen werden täglich durch Aussieben von toten und lebenden Käfern vorgenommen.

Streumittel werden in den angegebenen Mengen dem von Käfern und Brut befallenen Getreide beigemischt. Die Beobachtung soll sich hier auf mindestens zwei Monate erstrecken.

Zur Prüfung von Begasungsmitteln verwendet man gewöhnlich einen Begasungssilo, in welchen eingebeutelte Kornkäfer und Brut in verschiedenen Höhen eingehängt sind, und läßt die Mittel 24 Stunden einwirken.

Mittelprüfungsverfahren gegen Ameisen. Die Methoden zur Prüfung von Ameisenbekämpfungsmitteln sind von Gößwald[2]) ausgearbeitet worden. Es wird ein doppelter „Massenversuch zur orientierenden Prüfung des Giftwertes" sowie ein „Einzelversuch zur endgültigen Prüfung des Giftwertes" in Formikarien durchgeführt. Der Massenversuch mit etwa 50 Tieren dient zur orientierenden Auswahl von verschiedenen Giften. Das Mittel wird den Ameisen in ausreichender Menge auf Deckgläschen gegeben, so daß die Tiere ihren Kropf ausreichend füllen können. Als Vergleichsversuch dient Gößwald ein Formikar mit Honig und ein Kontrollhungerversuch. Alle 24 Stunden wird bis zum 5. oder 6. Tag durchgesehen, wieviele Ameisen tot sind. Die Auswertung kann bei Ameisen nicht bis zum Tod des letzten Tieres vorgenommen werden, da man oft im Giftversuch monatelang darauf warten müßte. Gifte, die in diesem Versuch versagen, scheiden schon für eine weitere Bewertung aus. Von einer guten Giftwirkung wird eine 100%ige Abtötung bis zum 5. Tag verlangt.

Zu Einzelversuchen verwendet Gößwald Filtrierpapierformikarien mit 30 einzeln gehaltenen Tieren. In diesen Versuchen kann die Giftaufnahme und die Wirkung am Einzeltier überwacht werden. Nur ist es nach Gößwald auch bedenklich, Ameisen als soziale Insekten in unnatürlichen Verhältnissen einzeln

[1]) Kunike, G., Richtlinien für die Prüfung von Kornkäferbekämpfungsmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. **55**, 1937, 185—189.

[2]) Gößwald, K., Methoden zur Untersuchung von Ameisenbekämpfungsmitteln. A. Fraßgifte, B. Staubförmige Berührungsgifte. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **55**, 1937, 209—270.

zu halten. So leben die Arbeiterinnen von *Lasius niger L.* im Einzelversuch länger als im Massenversuch. Infolge dieser größeren Widerstandsfähigkeit kann daher aus Einzelversuchen kein sicheres Urteil über den absoluten Giftwert abgegeben werden. Man wird also im Einzelversuch selten eine 100%ige Abtötung wie etwa im Massenversuch erreichen. Hiernach lassen sich auch Empfindlichkeitsunterschiede bestimmter Arten erkennen.

Ebenso wichtig ist die Prüfung der Köderwirkung. Geruch und Geschmack der Gifte müssen den Ameisen zur Anlockung und Aufnahme angenehm sein. Die Erprobung auf diese Eigenschaften der Mittel geschieht im Freiland bei verschiedener Wetterlage durch Auslegen von begifteten Deckgläschen auf die bekannten Ameisenstraßen. Dabei werden die Ameisen, welche Gift aufnehmen und die, welche ohne Giftaufnahme vorüberwandern, registriert. Der Prozentsatz beider Reihen wird verglichen.

Sehr bedeutungsvoll ist die Prüfung der Giftübertragung durch Weiterverfütterung. Der Fütterungsinstinkt ermöglicht erst die Vergiftung weiterer Ameisen und somit den Erfolg einer Bekämpfung. Der Giftwert des Mittels muß dabei sehr hoch sein, ein vorzeitiges Absterben vor der Weiterverfütterung an die Artgenossen wurde dabei nicht beobachtet. Diese Versuche wurden in Gipsformikarien durchgeführt in der Weise, daß zu einer giftgesättigten Ameise nach einer Minute unvergiftete Tiere zugesetzt werden. Die Auswertung wird auch hier nach 6 Tagen abgeschlossen.

Weitere Prüfungen werden angestellt über die Auswahl zwischen Gift und natürlichen Nahrungsquellen, sowie über den Bekämpfungswert ausgesuchter Gifte an Nestern im Freiland. Gößwald prüft außerdem den Temperatureinfluß auf die Giftwirkung zur Feststellung des besten Bekämpfungswetters, die Haltbarkeit des Giftes unter Außenbedingungen, die Einwirkung des Giftes auf die Pflanzen und die Giftempfindlichkeit einzelner Arten. Auch die staubförmigen Bekämpfungsmittel werden nach den gleichen Gesichtspunkten geprüft. Hoher Giftwert und sehr gute Ködereigenschaften stellen nach Gößwald die Hauptforderungen an ein Ameisengift dar.

## Anhang:

### Richtlinien für die Prüfung von Nematodenmitteln.

Goffart[1]) hat Prüfungsverfahren von Nematodenmitteln veröffentlicht. Bei Mitteln gegen Bodennematoden (*Heterodera schachtii* und seine Rassen) führt man eine reizphysiologische Prüfung in Wägegläschen und Agarkulturen, eine Prüfung des Mittels im Tonblumentopf und einen Freilandversuch durch.

Das reizphysiologische Verfahren beruht auf der chemotaktischen Reizbarkeit der Älchen gegen wasserlösliche Stoffwechselprodukte ihrer Wirtspflanzen. Diese Reizbarkeit besitzen auch junge in Cysten eingeschlossene Larven. Rensch[2]) und Rademacher[3]) haben aus dieser

---

[1]) Goffart, H., Richtlinien für die Prüfung von Nematodenmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **55**, 1937, 155—164.

[2]) Rensch, B., Zwei quantitative reizphysiologische Untersuchungsmethoden. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. **123**, 1925, 488—497.

[3]) Rademacher, B., Reizphysiologische Beobachtungen am Rübennematoden *Heterodera schachtii Schm.* Archiv für Pflanzenbau **3**, 1930, 750—787.

Eigenschaft folgendes Verfahren entwickelt: Reife Cysten werden aus verseuchter Erde ausgeschwemmt, und je 200 in 5 Wägegläschen, die mit etwa 3 ccm Aqua dest. gefüllt sind, übertragen und in einen Thermostaten (25°) gestellt. Die Larven schlüpfen durch die Reizwirkung des neuen Mediums in das Wasser und werden alle zwei Tage auf Objektträgern tropfenweise ausgezählt. Nach jeder Auswertung gibt man den Cysten frisches Wasser in die Gläschen und nach wenigstens 4 Tagen erfolgt der Zusatz des zu prüfenden Mittels. In dieser Zeit ist der frische Reiz des Mediums etwas abgeklungen und man kennt die Anzahl der Larven in den Wägegläschen. Das Mittel wird in wässeriger Lösung 1—0,1%ig auf die einzelnen Gläschen verteilt. Unlösliche Mittel werden als Suspensionen gegeben. Jeder Versuch wird doppelt angesetzt. Die Auswertung erfolgt nach 2 Tagen. Die Reizwirkung des Mittels zeigt sich in der Anzahl der geschlüpften Larven und drückt sich im Ergebnis in einer positiven (aktivierenden) oder in einer negativen (lähmenden) Wirkung aus. Dabei können schwache und starke Konzentrationen des gleichen Mittels einmal positive und einmal negative Wirkungen zeigen.

Ein anderes Verfahren wird nach Rensch durchgeführt. In eine mit Rübennematodenlarven infizierte Agarschicht wird ein mit dem Reizstoff getränktes Wattebäuschchen und an einer anderen Stelle ein wassergetränktes Wattebäuschchen gesteckt. Der Reizstoff dringt nun in einem Konzentrationsgefälle in den Agar ein. In einem Thermostaten von 25° beginnen nun die Larven sich bei positiv wirkenden Stoffen zur Reizquelle zu bewegen.

Der Gefäßversuch wird im Blumentopf vorgenommen, der stark verseuchte Erde mit dem zu prüfenden Mittel vermischt enthält und in den die Wirtspflanze eingesät ist. Eine gewisse Zeit nach dem Auflaufen der Pflanze werden die Wurzeln oder immer gleiche Teile von ihnen auf eingewanderte Larven untersucht. Bei der Auszählung der Larven dürfen *Heterodera schachtii* nicht mit anderen eingewanderten Nematodenformen verwechselt werden. Goffart empfiehlt zur Vermeidung von Verwechslungen Färbungen mit Jodjodkalium und Differenzierung in Alkohol. Die Älchen erscheinen danach schwarz gefärbt.

Der Freilandversuch ist für die endgültige Bewertung des Mittels von entscheidender Bedeutung. Die Versuchsfläche muß einheitlich stark verseucht sein, was durch Untersuchung von Bodenproben auf den Cystengehalt und den Füllungsgrad der Cysten ermittelt werden kann. An flüssigen Mitteln werden auf mittleren Sandböden mindestens 5 l je qm und auf leichten Böden 8—10 l benötigt. Streumittel werden eingeharkt. Die reizphysiologische Wirkung der Mittel ist nach den vorher genannten Verfahren untersucht worden, daher baut man bei negativ wirkenden Stoffen die Wirtspflanze, die am stärksten befallen wird, bei positiv wirkenden Stoffen eine Nichtwirtspflanze an. Von Zeit zu Zeit ist das Wachstum und vor der Reife der Cystenbesatz behandelter und unbehandelter Pflanzen zu bewerten. Die Veränderung des Seuchengrades der Böden kann durch die Einwanderungsfähigkeit der Larven erkannt werden. In Erdproben der vorbehandelten Flächen wird Rübsen eingesät, an dem dann Cysten und eventuell Veränderungen im Larvenzustand festgestellt werden können. Als Erfolg im Freiland ist eine 80%ige Abtötung und einwandfreie Ertragssteigerung anzusehen. Eine restlose Abtötung wird im Freiland kaum erreicht.

Die Prüfung von Mitteln gegen Stockälchen *(Anguileulina dipsaci)* kann in annähernd gleicher Weise im Freiland erfolgen.

Mittel gegen Wurzelgallenälchen werden im Gewächshaus oder in Kästen mit verseuchter Erde erprobt. Dem gelockerten Boden wird das Mittel 5 l je qm zugesetzt, ist das Mittel flüchtig (Schwefelkohlenstoff), so muß die Erde mit Ölpapier oder Pappe einige Tage abgedeckt werden. Nach der Behandlung sät man Salat aus, der nach 4 Wochen untersucht wird. Das Ergebnis wird mit einer unbehandelten Fläche verglichen.

Es sei noch auf ein Prüfungsverfahren gegen blattbewohnende Nematoden hingewiesen. Ein stark befallenes Blattstück wird 3—5 Minuten in das Mittel eingetaucht, man läßt es sodann abtropfen und legt es in Leitungswasser. Nach einer Viertelstunde kann kontrolliert werden, ob Älchen das Blatt verlassen haben, und ob sie durch die Tauchbehandlung gelitten haben.

Gasförmige Mittel läßt man unter einer Glocke mehrere Stunden einwirken und macht die Kontrollen wie bei vorstehenden Mitteln.

### Richtlinien für die Prüfung von Mäusebekämpfungsmitteln.

Nach den von Trappmann und Tomaszewski[1]) aufgestellten Methoden können Feld- und Wühlmausmittel erprobt werden. In erster Linie kommen für Prüfungen Giftköder in Betracht, deren Giftwert und Ködereigenschaft zunächst im Labor an Einzeltieren festzustellen sind. Dabei ist wichtig, welche Giftmenge und welche Zeit bis zur Abtötung erforderlich ist. Die Ködereigenschaft stellt man fest, indem Gift neben natürlicher Nahrung gegeben wird, und beobachtet, ob beides gleich gern angenommen wird. Die Tiere sind dabei in Einzelgläsern zu halten und die eintretenden Vergiftungssymptome sind zu beobachten. Eine Versuchsreihe besteht aus:

1. Gefäß mit Wasser und Giftfutter,
2. „ „ „ „ „ und unvergiftetem Futter,
3. „ „ „ „ unvergiftetem Futter.

Das Giftfutter ist in verschiedenen Mengenverhältnissen zu geben. Sind Wirkungsgrad und Ködereigenschaft der Mittel bekannt, so erfolgt die Prüfung in Feldversuchen. Öffnungen der Baue oder Gänge werden hier mit Gift belegt und nach 24 Stunden oberflächlich durch Zutreten verschlossen. An den folgenden 5 Tagen beobachtet man, wieviel Öffnungen wieder aufgescharrt sind. Auf den Versuchsparzellen sollen möglichst alle Baue befahren sein. Frische Baue sind von alten verlassenen leicht zu unterscheiden.

Von Giftködern wird außerdem verlangt, daß sie witterungsbeständig sind. Vergiftetes Getreide darf keine Keimfähigkeit mehr besitzen.

Vielfach werden Räucherpatronen und dazu gehörige Apparate zu prüfen sein. Bei den Patronen kommt es auf eine gleichmäßige Brennfähigkeit und eine ausreichende Brenndauer an. Die beim Abbrennen sich entwickelnden Gase werden in frische Baue geleitet und das Ergebnis durch Nachgraben und an der Zahl der herausflüchtenden Tiere bewertet. Schwere der Gase und Abtötungszeiten können an Einzeltieren in größeren Standzylindern ermittelt werden.

Räucherapparate sind auf ihre Brauchbarkeit und ihre Vorzüge und Nachteile gegenüber den bisher bekannten zu prüfen.

## c) Physikalische und chemische Prüfverfahren

Von Oberregierungsrat Dr. G. Hilgendorff und Dr. W. Fischer

### *Die physikalischen Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel*

### 1. Eigenschaften der Stäubemittel

Von Stäubemitteln ist in erster Linie gute Schwebefähigkeit, Verstäubbarkeit, Haftfähigkeit, Haftbeständigkeit und Unentmischbarkeit zu fordern.

Schwebefähigkeit ist die Eigenschaft der Teilchen, geringe und für alle Teilchen möglichst gleich große Sinkgeschwindigkeit in Luft zu besitzen. Verstäubbarkeit ist die Fähigkeit, ohne besondere Apparaturen leicht einen feinen gleichmäßigen Staub zu liefern. Verstäubbarkeit und Schwebefähigkeit sind außer von Größe und Form der Körner, der Korngrößenverteilung und dem spezifischen Gewicht noch von der „inneren Haftfähigkeit" abhängig. Borchers und May[2]) fassen darunter alle der „Teilchentrennung" (Voelkel) entgegen-

[1]) Trappmann, W., und Tomaszewski, W., Richtlinien für die Prüfung von Mäusebekämpfungsmitteln. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **55**, 1937, 151—154.

[2]) Borchers, F., und May, E., Mitt. aus der B. R. A. **50**, 1935, 5—56.

stehenden Eigenschaften zusammen. Der Begriff ist physikalisch nicht fest umrissen; somit ist die innere Haftfähigkeit als Größe für sich auch nicht bestimmbar. Klumpen und Backen des ruhenden Pulvers steht mit schlechter Teilchentrennung beim Verstäuben nicht in Zusammenhang. Es gibt gut verstäubbare Mittel, die zum Klumpen neigen und umgekehrt. Stäubemittel, die den wichtigen Forderungen nach Feinkörnigkeit und gleichmäßiger Korngröße in bester Weise entsprechen, können durch schlechte Teilchentrennung in ihrem Werte gemindert werden.

Auf eine direkte Bestimmung der Schwebefähigkeit in dem für ein Stäubemittel natürlichen Medium Luft hat man verhältnismäßig selten zurückgegriffen. Gerade solche Bestimmungen wären aber von größtem Wert, weil nur bei ihnen die störenden Einflüsse flüssiger Hilfsmedien ausgeschaltet sind und gewisse, für sich selbst nicht bestimmbare Faktoren, wie z. B. innere Haftfähigkeit mit erfaßt werden. Nach Voelkel ist das *Konimeter* von Zeiß zur direkten Untersuchung der Eigenschaften einer Staubwolke brauchbar. Die Wolkendichte, Korngröße und vielleicht auch Teilchentrennung können damit beurteilt werden.

Zur Messung der Fallgeschwindigkeit eines monodispersen Staubes hat Faber[1]) eine Vorrichtung gebaut. Besonders schwer war hierbei die Forderung nach völlig ruhender Luft im Fallraum der Teilchen zu erfüllen. Faber hat weiter einen Apparat konstruiert, der die Schwebefähigkeit von Stäubemitteln in bewegter Luft bei bestimmten, beliebig herzustellenden Temperaturen und Feuchtigkeiten zu messen gestattet. Eine Bestimmung der Schwebefähigkeit der verschieden großen Teilchen eines Staubes ist durch *Windsichtung* möglich, die aber leider zu umständlich und zeitraubend ist. Dies ist um so bedauerlicher, als der Staub bei dieser Methode unter natürlichen Bedingungen untersucht wird.

Zur Charakterisierung der Schwebefähigkeit und Verstäubbarkeit dient die Bestimmung der Sedimentiergeschwindigkeit und damit der Korngröße und Korngrößenverteilung, weiter die Bestimmung des Schüttegewichts und des spezifischen Gewichts. Borchers und May legen den größten Wert auf die Bestimmung des Zwischenraumvolumens und der Monodispersität (gleichmäßigen Korngröße). Von einem Stäubemittel (Forststäubemittel) fordern sie ausgesprochen Monodispersität bei großem Zwischenraumvolumen. Ein durch zu große Feinheit hervorgerufener zu hoher Grad von Verstäubbarkeit bringt wiederum Nachteile mit sich.

Die Korngröße von Pflanzenschutzmitteln kann nicht nach allen Methoden der wissenschaftlichen Korngrößenanalyse festgestellt werden, weil in den Mitteln der Praxis bestimmte, für manche Methoden bereits zu hohe Korngrößen vorliegen. Auf der anderen Seite ist die *Siebanalyse* oft wegen zu großer Feinheit des Korns in Pflanzenschutzmitteln unbrauchbar und nur zur Feststellung verhältnismäßig grobkörniger Bestandteile geeignet. Zur Beurteilung der Korngrößenverteilung dienen vor allem Sedimentiermethoden.

Meistens beobachtet man die Sedimentationsgeschwindigkeit in ruhenden Flüssigkeiten wie Wasser oder Äther.[2]) Bewegte Flüssigkeiten werden bei

[1]) Faber, O. M., Physikalische Staubbestimmungen. Messen und Prüfen 2, 1930, Verlag Knapp, Halle/S.

[2]) Alexander, J., Colloid Chemistry, New York 1926; v. Hahn, F. V., Dispersoidanalyse, Leipzig 1928; Geßner, H., Die Schlämmanalyse, Leipzig 1931.

der eigentlichen Schlämmanalyse benutzt, die jedoch für die feinkörnigen Pflanzenschutzmittel ohne Bedeutung ist.

Ein zur Prüfung von Schwefel, aber auch gelegentlich für andere Stäubemittel benutztes Gerät liegt im *Sulfurimeter* von Chancel vor, mit dem das Sedimentvolumen gemessen wird. Die genaue Ausführung der Bestimmung ist im Kapitel Schwefel, S. 597, beschrieben. Mit dem Sulfurimeter ist jedoch nur eine Beurteilung des Pulvers im Groben möglich, wie Hengl und Reckendorfer[1]) gezeigt haben. Zur Charakterisierung eines ausgesprochen polydispersen Systems ist das Verfahren ungeeignet.

Im *Zweischenkelflockungsmesser*, den Trappmann[2]) zur Untersuchung von Spritzmitteln benutzte (siehe auch den Sedimentationsmesser nach H. Grohn, Die chemische Fabrik Nr. 36, 1932, 325), könnte auch bei Stäubemitteln, die man in einer Flüssigkeit verteilt, die zu völliger Sedimentation nötige Gesamtzeit bestimmt werden. Dieser Wert kann aber unter Umständen bei monodispersen und polydispersen Staubmitteln gleich groß sein. Da sich in erster Linie monodisperse Staubmittel für Pflanzenschutzzwecke eignen, verschafft man sich zweckmäßig einen genaueren Einblick in die Art der Feinkörnigkeit der Mittel. Hierfür kann der Wiegner-Geßnersche *Sedimentierapparat*[3]) dienen, der von anderen Industriezweigen bereits vielfach benutzt wird, aber für die Untersuchung von Pflanzenschutzmitteln noch nicht zur allgemeinen Einführung gelangte. Er arbeitet nach dem Prinzip eines Zweischenkelflockungsmessers mit dem Unterschied, daß das Absinken des Wasserstandes kontinuierlich verfolgt und zwar automatisch photographisch in Form einer Kurve auf einem rotierenden, lichtempfindlichen Papier registriert wird. Die Kurve gibt direkt an, wie groß jeweils die Menge der noch schwebenden, bzw. der schon sedimentierten Teilchen ist. Die Kurven lassen sich mathematisch nach Odén[4]) auswerten. Man erfährt dadurch die prozentualen Mengen für beliebig viele Fraktionen verschieden großer Teilchen in dem Gemisch. Nach Borchers und May benutzt man als Dispersionsmittel zweckmäßig Alkohol, der erstens störende Bildung von Elektrolyten vermeidet, zweitens wasserabstoßende Stoffe aus vielen Stäubemitteln herauslöst und drittens die bei feinen Stäubemitteln sehr großen Sinkzeiten gegenüber Wasser verringert. Die Messungen werden um so genauer, je mehr die Teilchen sich der Kugelform nähern, weil nur für diese das der Berechnung zugrunde liegende Stokessche Gesetz gilt. Der Apparat hat den Vorteil, nach Ansetzen des Versuchs völlig automatisch zu arbeiten.

Die sog. *Pipettenmethode* von Andreasen[5]) ist ein neuerdings in Aufnahme gekommenes Sedimentationsmeßverfahren, das sich bei der Untersuchung von Kohlenstaub, Getreidemehl, Zementen, keramischen Rohmaterialien u. a. be-

---

[1]) Hengl, F., u. Reckendorfer, P., Fortschr. Landw. 2, 1927, 686.

[2]) Trappmann, W., Nachr.-Bl. f. d. Deutsch Pflanzenschutzdienst **5**, 1925, 66.

[3]) Wiegner, G., Landwirtsch. Vers. Stat. **91**, 1918, 41; Geßner, H., Kolloid. Ztschr. **38**, 1926, 115; Borchers und May.

[4]) Odén, S., Int. Mitt. f. Bodenkunde **5**, 1915, 257; vgl. Geßner, H., a. a. O.

[5]) Andreasen, A. H. M., und Berg, S., Beispiele der Verwendung der Pipettenmethode bei der Feinheitsanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Feinheitsuntersuchungen von Mineralfarben. Angew. Chem. **48**, 1935, 283—285.

währt hat, aber auch für die Sedimentationsanalyse von Pflanzenschutzmitteln durchaus geeignet erscheint. Man pipettiert bei diesem Verfahren zu bestimmten Zeitpunkten aus gewissen Tiefen der ursprünglich homogenen Aufschlämmung eine Probe und bestimmt die in ihr enthaltene Stoffmenge. Bei Substanzen vom spez. Gew. der Gesteine gestattet der Apparat unter Benutzung von Wasser als Sedimentationsflüssigkeit Messungen innerhalb des Korngrößenbereichs von etwa 30 bis 0,3 $\mu$, unter Benutzung von Glykol von 100 bis 1 $\mu$, mit Glyzerin herauf bis zu etwa 300 $\mu$, d. h. herauf bis zu den halbfeinen Sieben. Für eine Analyse werden 5 bis 15 g benötigt.

Kaul[1]) empfiehlt als Dispersionsmittel für feinere Kornbereiche Isobutylalkohol (Sdp. 106°), für gröbere ,,Palatinol A" (Phthalsäurediäthylester, Sdp. 280°). Die Entfernung des letzten aus den abpipettierten Proben erfolgt nicht durch Abdestillieren, sondern durch Filtration.

Da zur Auswertung der Pipettemethode ebenfalls das Stokessche Gesetz benutzt wird, muß die Forderung dieses Gesetzes nach einigermaßen kugel- oder würfelförmigen Teilchen erfüllt sein. Beim Vorliegen ausgesprochen stäbchen- oder tafelförmiger Teilchen sind Korrektionskonstanten notwendig.

Der *Revolversedimentierapparat* von Hengl und Reckendorfer ist unter den Spritzmitteln beschrieben.

Die verschiedenen Verfahren der Korngrößenbestimmung, wie Sedimentation, Schlämmung, Windsichtung, Siebung und mikroskopische Ausmessung beschreibt auch Gonell.[2])

Das Schüttgewicht ist das Gewicht eines Kubikzentimeter Staub bei loser Schüttung. Es ist sehr verschieden vom wahren spezifischen Gewicht und könnte auch als scheinbares spezifisches Gewicht bezeichnet werden. Außer vom wahren spezifischen Gewicht ist das Schüttgewicht von anderen Größen, z. B. der Kornfeinheit, abhängig.

Man hat zwischen loser und fester Schüttung zu unterscheiden. Es ist klar, daß die Erzeugung einer bestimmten Festigkeit der Schüttung eines Pulvers sehr schwer erzielbar, aber die unerläßliche Vorbedingung reproduzierbarer Werte ist. Das Schüttevolumen bei loser Schüttung ist beträchtlich größer als das Volumen eines durch Klopfen oder andere Maßnahmen möglichst fest zusammengedrückten Staubes, dieses aber wiederum größer als das Volumen des im Vakuum geschütteten Staubes. Kleiner als alle diese Volumina ist endlich die wahre Raumerfüllung der festen Teilchen, die nur durch Flüssigkeitsverdrängung annähernd zu bestimmen ist.

Zur Feststellung des Schüttgewichtes (bei loser Schüttung) können sehr einfache Methoden dienen, z. B. die von Hilgendorff[3]) angegebene. Ein zylindrisches Glasgefäß mit geschliffenem Rand von 4—6 cm Höhe und 3 cm Durchmesser, dessen Volumen mit Wasser genau auszumessen ist, wird mit der zu

---

[1]) Kaul, E., Angew. Chem. **48**, 1935, 397—398.

[2]) Gonell, H. W., Arch. f. Techn. Messen: Staubtechn. Messungen, 1935, V, 980—1; Korngröße und Kornzusammensetzung v. Stauben, Allgem., Bestimmungsverf., Darstellung und Auswertung, 1935, V, 982—1, 2, 3 (reichhalt. Literaturangaben).

[3]) Hilgendorff, G., Nachr.-Bl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst **7**, 1927, 5.

untersuchenden Substanz in der Weise gefüllt, daß diese zunächst ein kleines Sieb von etwa 0,75 mm Maschenweite (Teesieb), darauf einen Trichter von 6 cm Trichterhöhe und 8 cm Rohrlänge durchläuft und in feinem Strahl ohne Erschütterung das Gefäß in etwa 5 Min. anfüllt. Das überstehende Pulver wird abgestrichen und das Gewicht des Inhaltes festgestellt. Borchers und May geben die Vorschrift an, nach der die Rijkslandbouwproefstation in Wageningen Staubmittel prüft. An dieser Vorschrift ist zu bemängeln, daß keine Siebung stattfindet und nur das Volumen und nicht die Abmessung des Zylinders bestimmt sind. Über weitere Geräte zur Bestimmung des Schütt- und Rüttelgewichtes vgl. Gonell.[1])

Die für lose Schüttung notwendige Auflockerung wird bei dem Hilgendorffschen Verfahren durch Siebung bewirkt. Grundsätzlich anders arbeitet ein von der Am. Ass. of Agric. Chemists amtlich verwandter Apparat, bei dem eine bestimmte Gewichtsmenge Staub eingefüllt und durch Luftpumpenstöße aufgewirbelt wird, wonach das Volumen abzulesen ist. Auch dieses Verfahren birgt Fehlerquellen in sich, die hauptsächlich in unvermeidlichen Erschütterungen liegen dürften. Nach Faber sind die wichtigsten allgemeinen Fehlerquellen aller Schüttgewichtsbestimmungen 1. praktisch unvermeidliche Erschütterungen, 2. individuelle Arbeitsweise der Versuchsansteller, 3. die Möglichkeit der Hohlraumbildung bei feinen Stäubemitteln.

Das Schüttgewicht bei fester Schüttung dürfte eine überhaupt nicht feststellbare Größe sein. Faber wählte deshalb einen Schüttgewichtswert, der zwischen beiden liegt und nur ein reproduzierbarer Verdichtungszustand ohne besondere Grundlage ist, aber von allen Verfahren die am wenigsten schwankenden Werte liefert. Er zentrifugiert zu diesem Zweck stets die gleiche Gewichtsmenge des trockenen Staubes in Gläsern bestimmter Größe bei bestimmter Tourenzahl und bestimmtem Durchmesser des Schleuderkreises. Borchers und May fanden beträchtliche Unterschiede in den nach der Zentrifugiermethode bestimmten Werten, je nachdem ob lufttrockener, exsikkatortrockener oder getrockneter und durch ein Sieb in die Röhrchen gefüllter Staub benutzt wird. Sie schlagen vor, die letzte Arbeitsweise oder gegebenenfalls alle drei nebeneinander zu benutzen. Es ist übrigens erst noch zu erweisen, ob die Zentrifugiermethode in verschiedenen Zentrifugen vergleichbare Werte liefert.

Weniger wichtig als das Schüttgewicht ist das spezifische Gewicht des Staubes. Dieses kann in Flüssigkeiten (Wasser, Methanol, Alkohol) bestimmt werden. Für den Fall, daß der Staub Neigung hat, auf der Flüssigkeit zu schwimmen, benutzt man ein von Faber angegebenes Pyknometer. Am sichersten ist nach Faber das Einschmelzen in Wachs. Bei Verwendung reinsten Bienenwachses und mindestens einhalbstündigem Einschmelzen des Pulvers bei 100° wurden von Borchers und May nur wenig schwankende Werte erhalten. Das Volumen des erstarrten Wachskörpers ist in einer von Faber angegebenen Apparatur zu bestimmen.

Nach Borchers und May ist das Schüttgewicht allein zur Charakterisierung der Verstäubbarkeit nicht ausreichend. Besser soll hierfür das Zwischenraum-

---

[1]) Gonell, H. W., Chem. Fabrik, 1933, 77—81.

volumen geeignet sein, das sich aus dem Schüttgewicht und dem spezifischen Gewicht wie folgt errechnet:

$$\% \text{ Zwischenraumvolumen} = 100 \left(1 - \frac{\text{Schüttgewicht}}{\text{spez. Gewicht}}\right).$$

Der Begriff der Haftfähigkeit eines Stäubemittels besteht aus drei Komponenten: Erschütterungsbeständigkeit, Windbeständigkeit und Regenbeständigkeit. Die ersten beiden können zusammen als Trockenhaftfähigkeit von der Regenbeständigkeit unterschieden werden.

Faktoren, welche die Haftfähigkeit beeinflussen, sind die Art der Einstäubung, die Beschaffenheit der bestäubten Flächen, Luftfeuchtigkeit und elektrische Erscheinungen. Verstäubte Präparate können zunächst sehr geringe Haftfähigkeit besitzen, wenn die Teilchen von der Kugelform bedeutend abweichen. Sie setzen sich dann mit der Schmalseite fest und erhalten erst durch Umfallen nach Erschütterungen größere Haftfähigkeit. Eine gewisse Hygroskopizität der Stäubemittel ist nach Borchers und May für gute Haftfähigkeit dann wichtig, wenn zur Zeit des Stäubens geringe Luftfeuchtigkeit herrscht. Über die elektrischen Vorgänge, welche die Haftfähigkeit beeinflussen, sind leider noch keine endgültigen Ergebnisse erzielt worden. Moore[1]) betont in seiner grundlegenden Arbeit, daß der Sinn der durch Reibung beim Verstäuben erzeugten elektrostatischen Ladung verschieden sein kann, was Borchers und May bestätigen. Diese elektrostatischen Ladungen können das augenblickliche Haften der Staubteilchen auf Blättern begünstigen, haben aber keine Bedeutung für die Dauerhaftigkeit (Regenbeständigkeit). Die in wässerigen Lösungen auftretenden Ladungen der Kolloidteilchen spielen nach Moore eine größere Rolle. Da sich sowohl nasse Blattoberflächen als auch die Teilchen vieler Pflanzenschutzmittel, insbesondere die der gewöhnlich benutzten Arsenate negativ aufladen, ergibt sich eine abstoßende Wirkung der feuchten Blattoberflächen. Arsenate mit positiver Aufladung haben tasächlich größere Regenbeständigkeit als die gewöhnlich negativ aufgeladenen.

Zur Prüfung der Erschütterungsbeständigkeit bei Stäubemitteln hat Görnitz[2]), einen Apparat konstruiert, der in seiner jetzigen, durch Voelkel[3]) verbesserten Form aus einer 1,5 mm starken polierten Nirostatafel besteht, die auf einem Holzgestell unter einem Winkel von etwa 68° befestigt ist. Eine automatische Klopfvorrichtung gestattet, der Rückseite der Tafel stets gleich starke Schläge mit einem eichenen Klöppel mit eingelassenem Bleigewicht zu erteilen. Die Tafel ist in zwei Hälften von je 500 qcm Fläche geteilt. Auf die eine Seite wird in bestimmter Art das zu untersuchende Pulver längs des oberen Randes aufgestäubt, auf die andere Seite ein genormtes Talkum als Vergleichsmittel. Nach zehnmaliger Erschütterung durch den Klopfer wägt man die nicht haftengebliebene Menge beider Pulver in Glasschiffchen, die sich unter beiden Plattenhälften befinden.

Da nicht alle Versuchsansteller im Besitz des gleichen Testtalkums sind, schlägt Voelkel vor, die erhaltenen Werte auf ein Normaltalkum umzurechnen,

[1]) Moore, W., J. Econ. Ent. **18**, 1925, 282.
[2]) Görnitz, K., Anz. Schädlingsk. **3**, 1927, 101.
[3]) Voelkel, H., Arb. a. d. B. R. A. **17**, 1929, 253.

um sie vergleichbar zu machen. Als Normaltalkum betrachtet er ein Talkum, von dem 50% hängenbleiben (Haftzahl = 100), empfiehlt aber zur Versuchsanstellung ein solches mit besserer Haftfähigkeit.

Von Mitteln, die vom Flugzeug fein verstäubt werden, sollen nach Voelkel mindestens 25% haften bleiben. Borchers und May[1]) fanden die Haftfähigkeit auch bei der Bestimmung mit der Nirostatafel von der Luftfeuchtigkeit abhängig, sofern die Tafel nicht geerdet war. Da die Stäubemittel auf verschiedenen Blattoberflächen zweifellos nicht die gleiche Haftfähigkeit zeigen wie auf einer Nirostaplatte[2]), so müßten streng genommen die Mittel für die einzelnen Zwecke auf verschiedenen besonderen Oberflächen geprüft werden. Für Forstbestäubungsmittel scheint allerdings die Voelkel-Görnitzsche Apparatur die Verhältnisse am lebenden Objekt gut wiederzugeben (Voelkel). Auf Blättern von Kohl, Bohnen und Ficus fand Parfentjev[3]) übrigens die gleiche Haftfähigkeit verschiedener Arsenikalien wie auf der Metallplatte.

Die Windbeständigkeit wird geprüft, indem bestäubte Flächen dem Luftstrom eines Ventilators ausgesetzt werden.[4]) Um den natürlichen Verhältnissen nahezukommen, ist der Staub hierbei nicht auf feststehenden Flächen, sondern auf Pflanzenteilen zu bestimmen, die dem Winddruck nachgeben.[5]) Auf feststehenden Flächen ist die Windbeständigkeit geringer. Weitere Unterschiede finden sich bei allmählich anwachsender oder mit Maximalgröße einsetzender Windstärke. Nach Schander und Staar ist die Windbeständigkeit schließlich auch von der Dauer des Lagerns bestäubter Glasplatten zwischen Einstäubung und Bewindung abhängig. Die Windbeständigkeit nimmt mit dem Lagern zu.

Für die Regenbeständigkeit gelten die gleichen Überlegungen wie für die Windbeständigkeit. Auch hier muß die Verwendung lebenden Pflanzenmaterials wegen der Oberflächenbeschaffenheit und des Nachgebens beim Aufprall der Regentropfen gefordert werden. Von Natur aus besitzen Stäubemittel fast gar keine Regenbeständigkeit. Eine solche entsteht vielmehr erst infolge Anklebens besonders durch Feuchtigkeit und Tau, die vor oder nach der Bestäubung vorhanden sind. Viele Stäubevorschriften empfehlen deshalb auch, Stäubungen wegen der Haftfähigkeitserhöhung in den taureichen früher Morgenstunden vorzunehmen. Auch Tau oder ganz leichter Regen nach der Bestäubung wirken günstig.

Eine Apparatur zur Erzeugung künstlichen Regens beschrieb Görnitz.[6]) Er bezweifelt jedoch die Möglichkeit, die Regenbeständigkeit der einzelnen Staubmittel zahlenmäßig zu erfassen, weil die Art der Befeuchtung nicht genormt werden kann.

Die Bestimmung der Entmischbarkeit bzw. Unentmischbarkeit erfolgt am besten direkt in Luft. Witkewitsch[7]) ließ zu diesem Zweck verschiedene Stäube-

---

[1]) Borchers, F., u. May, E., Forstw. Zentralbl., **52**, 1930, 658.

[2]) Eidmann, H., und Berwig, W., Forstw. Zentralbl. **50**, 1928, 529. 575.

[3]) Parfentjev, J. A., J. econ. Ent. **24**, 1931, 1261—63.

[4]) Schander, R., und Staar, G., Arbeiten d. Kartoffelbauges. **33**, 1930.

[5]) Eidmann, H., und Berwig, W., Forstw. Zentralbl. **50**, 1928; Reckendorfer, P., Fortschr. Landw. **7**, 1932, 222—26, 582—84; Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **43**, 1933, 662.

[6]) Görnitz, K., Mitt. Biol. Reichsanst. **46**, 1933, 12—19.

[7]) Witkewitsch, Referat in Anz. Schädlingsk. **5**, 1929, Heft 2.

mittel, vorzugsweise Mischungen durch ein senkrechtes Rohr von 19 m Länge auf ein laufendes Band mit Zeitmarkierung fallen und untersuchte die abgesetzten Teile an den verschiedenen Stellen des Bandes mikroskopisch. Die Teilchengröße wurde gemessen und bei Stoffmischungen die chemische Natur der Teilchen festgestellt. Es zeigte sich, daß sich die Fallgeschwindigkeit bei chemisch einheitlichen Pulvern durchaus nicht proportional der Korngröße, sondern in einem bestimmten Bereich ziemlich sprunghaft ändert.

Unentmischbarkeit bei chemisch nicht homogenen Pulvern ist aus verschiedenen Gründen zu fordern. Sind z. B. ein Haftstoff und ein schlecht haftender Giftstoff nur mechanisch und unzureichend gemischt, so kann es vorkommen, daß nur der Haftstoff, nicht aber der Giftstoff haften bleibt.

## 2. Eigenschaften der Spritzmittel

Die von einem brauchbaren Spritzmittel zu fordernden Eigenschaften sind genauer festzulegen und leichter zu bestimmen als die der Stäubemittel. Gute Benetzungsfähigkeit müssen die meisten Spritzmittel besitzen; von den als Suspensions- oder Emulsions-Kolloide vorliegenden wird meistens auch gute Schwebefähigkeit gefordert. Nicht immer kann aber dieser Forderung entsprochen werden; in manchen Sonderfällen ist rasche Emulsionszerstörung nach dem Spritzen geradezu beabsichtigt (vgl. z. B. das Kapitel Mineralöle). Nach Kwala[1]) sind 1%ige Suspensionen, die nach 16stündigem Stehen noch 30—50% der angewandten Mengen enthalten, als gut zu bezeichnen. Sie enthalten sowohl Teilchen von echter kolloidaler Größe unter 0,1 $\mu$ als auch solche bis zur Größe von 10—20 $\mu$. Man kennt im Pflanzenschutz Emulsionen von monate- und jahrelanger Haltbarkeit. Da die im Pflanzenschutz verwandten Suspensionen meist keine echten Kolloide sind, besitzen sie nicht im entferntesten diese Beständigkeit.

Zur qualitativen Probe auf Benetzungsfähigkeit kann ein von Trappmann[2]) angegebenes Verfahren dienen, bei dem Karten (z. B. Karteikarten), die durch Eintauchen in 20%ige chloroformische Paraffinlösung paraffiniert worden sind, als schwer benetzbare Oberfläche dienen.

Da die Benetzungsfähigkeit umgekehrt proportional der Oberflächenspannung ist, kann die Bestimmung dieser Größe einen guten Anhalt für die Benetzungsfähigkeit bieten. Man ermittelt Oberflächenspannungen wässeriger Lösungen mit dem *Stalagmometer* von Traube. Das Gerät besteht aus einer Kapillare, die unten eine plangeschliffene Abtropffläche, oben eine Erweiterung von geeichtem Volumen trägt. Zu bestimmen ist die Zahl der Tropfen, die bei erschütterungsfreiem, ruhigem Abtropfen (etwa alle drei Sekunden ein Tropfen) aus der Volumeneinheit fallen. Als Vergleichswert dient die Größe, die sich auf ein 100 Wassertropfen gebendes Stalagmometer bezieht und die sich aus dem Quotienten $\frac{100 \cdot Z}{Z_w}$ ergibt, in dem $Z$ die gefundene Tropfenzahl und $Z_w$ die für Wasser ist.

[1]) Liesegang, R. E., Kolloidchemische Technologie II, 935.
[2]) Trappmann, W., Arb. aus der Biol. Reichsanst. 14, 1925, 264.

Stellwaag[1]) bestimmt die Benetzungsfähigkeit durch direkte Ermittlung des Randwinkels der Flüssigkeit an der zu prüfenden Fläche, der bei gut benetzenden Flüssigkeiten klein ist, bei schlecht benetzenden aber 90° übersteigt. Die Bedingungen der Messung kommen den natürlichen Verhältnissen ziemlich nahe. Die erhaltenen Werte sind aber nicht sehr genau.

Die Steighöhenmessung in Kapillaren benutzte Lovett[2]) zur Ermittlung der Oberflächenspannung und damit der Benetzungsfähigkeit von Spritzbrühen. Die benutzten Kapillaren sind aber so eng, daß sie oftmals schwer zu reinigen sind.

Die Haftbeständigkeit von Spritzmitteln, insbesondere der eingetrockneten Spritzrückstände, ist ein viel einfacherer Begriff als diejenige der Stäubemittel; sie kann ziemlich uneingeschränkt mit Regenbeständigkeit gleichgesetzt werden. Das Haften von Stäubemitteln wird meistens durch die Beschaffenheit der Teilchen des Mittels selbst bewirkt, seltener durch zugesetzte Haftstoffe („Klebstoffe") wie etwa Mineralöle. Die Haftfähigkeit von Stäubemitteln bedeutet in erster Linie Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Erschütterungen gegen Wind und gegen das Abgleiten von nicht erschütterten aber sehr steilen Flächen. Bei Spritzmitteln muß die Suspension oder Lösung so beschaffen sein, daß sich keine einzelnen großen, schlecht benetzenden Tropfen bilden, sondern ein gleichmäßiger Sprühbelag absetzt, sei es in Form feinster Tröpfchen, sei es in Form einer zusammenhängenden, gleichmäßig dünnen Flüssigkeitshaut. Dadurch wird zunächst das primäre Haften sichergestellt. Trocknet nun die Flüssigkeit unter Hinterlassung ihrer festen Bestandteile ein, so müssen diese durch den Brühen zugesetzte Haftstoffe auf den behandelten Oberflächen festgeklebt werden, damit sie nicht durch Regenfall wieder abgewaschen werden . Die Haftbeständigkeit der Stäubemittel wäre demnach vorzugsweise Erschütterungsbeständigkeit, die der Spritzmittel Regenbeständigkeit.

Zur Untersuchung dieser Eigenschaft werden bespritzte Glasplatten[3]) oder besser wohl Blätter[4]) zur Hälfte künstlich beregnet und die nicht abgewaschenen Rückstände durch chemische Analyse ermittelt.

Zur Bestimmung der Schwebefähigkeit, die von der Größe und Form der suspendierten Teilchen abhängt, kann der *Revolversedimentierapparat* von Hengl und Reckendorfer[5]) dienen. Er besteht aus einer 120 cm langen, 20 mm weiten Glasröhre, die unten verjüngt und oben durch einen Schliff mit einem birnförmigen Kölbchen verbunden ist. Als Vorlagen dienen sechs kleine Glasbecher, die auf einer Drehscheibe angebracht sind. Die Probe wird in Kölbchen mit destilliertem Wasser geschüttelt, dann wird mit Wasser bis zum Rande aufgefüllt, die Röhre aufgesetzt und auch diese mit Wasser gefüllt. Jetzt wird die Apparatur mit der Öffnung nach unten aufgehängt, die Spitze in eins der ebenfalls mit destilliertem Wasser gefüllten Becher eingetaucht und eine Stoppuhr in Gang gebracht. Nach 3, 5, 7, 9, 11 und 13 Min. wechselt man die Vorlagen durch

[1]) Stellwaag, F., Ztschr. angew. Ent. **10**, 1924, 163.
[2]) Lovett, A. L., Oregon Agric. Coll. Exp. Sta. Bul. **169**, 1920.
[3]) Schaffnit, E., Ztschr. f. Pflanzenkr. **31**, 1921, 19.
[4]) Kelhofer, W., Ztschr. f. Pflanzenkr. **17**, 1907, 1.
[5]) Hengl, F., und Reckendorfer, P., Fortschr. d. Landwirtsch. **2**, 1927, 686.

Drehen der Scheibe. Die in ihnen abgesetzten Mengen werden durch Wägung bestimmt. Ihre Größen sind bei den verschiedenen Präparaten ein Maßstab für Brauchbarkeit oder Unbrauchbarkeit des Mittels.

Ein dem Henglschen Apparat ähnliches Gerät stellt der Korngrößebestimmungsapparat nach Guttmann-Köhler[1]) vor, bei dem die nach der Korngröße sedimentierten Teilchen von einem Näpfchen im Hahn aufgenommen werden. Durch Drehung des Hahnes wird ein Verschluß des Näpfchens herbeigeführt, während eine weitere Drehung den Inhalt des Näpfchens nach außen befördert.

Weiterhin ist der *Zweischenkelflockungsmesser* von Trappmann[2]) für Schwebefähigkeitsbestimmungen verwandt worden. Ein weiter und ein enger Schenkel bilden bei diesem Apparat ein U-Rohr, das an der Biegung einen Verbindungshahn besitzt. Der weite Schenkel trägt unten einen „Blindsack", d. i. eine mit Ausflußhahn versehene Verlängerung. Der enge Schenkel wird mit dem Dispersionsmittel, der weite mit der Suspension bis genau zur gleichen Höhe gefüllt. Man schüttelt gut, stellt den Apparat auf und öffnet den Verbindungshahn. Jetzt bildet sich infolge des höheren spezifischen Gewichtes der Suspension ein Höhenunterschied in den Schenkeln, der sofort abzulesen ist. Die Zeitdauer, die der Höhenausgleich nunmehr beansprucht, ist ein Maß für die Schwebefähigkeit. Die Zeitkurve des Höhenabfalls läßt weiterhin einen Schluß auf die Teilchengrößenverteilung zu (vgl. Stäubemittel, S. 565).

Grohn[3]) hat den Zweischenkelflockungsmesser in einer Bauart vorgeschlagen, die gewisse Nachteile anderer Sedimentierapparate vermeiden soll. Durch Eichung mit Salzlösungen verschiedener Dichte kann der theoretische Höhenunterschied zur Zeit 0 für jede Suspension von bekannter Dichte sofort graphisch ermittelt werden.

Bei Emulsionen, Kolloidsystemen, die aus zwei flüssigen Phasen bestehen, ist zwischen Emulgierbarkeit und Emulsionshaltbarkeit zu unterscheiden. Eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Emulgierbarkeit ist eine möglichst geringe Grenzflächenspannung der beiden zu mischenden Medien. Auch andere Faktoren wie Viskosität und Dichte der Phasen sind aber in Betracht zu ziehen.

Die Prüfung der Emulsionsbeständigkeit erfolgt bei mühelos entstehenden Emulsionen am einfachsten durch Beobachtung der ausgeschiedenen Mengen der dispersen Phase in graduierten Schüttelzylindern. Der „*demulsibility test*" (Herschel-test) ist im Kap. Mineralöle, S. 621 beschrieben.

Die für analytische Zwecke absichtliche Zerstörung von Emulsionen ist gelegentlich recht schwierig. Meist versucht man sie durch Salzionen ($Na^+$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$) zu bewirken („Aussalzen" des Emulgators).

Gute Verspritzbarkeit ist eine mit dem Spritzgerät leicht zu prüfende Eigenschaft. Auch durch Siebanalyse läßt sich leicht feststellen, ob ein für Spritzzwecke bestimmtes Pulver Partikel enthält, welche die Spritzdüsen verstopfen könnten.

---

[1]) Tonindustrie-Ztg., 1926, Nr. 94.

[2]) Trappmann, W., Nachrichtenbl. f. d. D. P. D. **5**, 1925, 66.

[3]) Grohn, H., Chem. Fabr. **36**, 1932, 325—27.

Physikalische Eigenschaften, die mehr zur Kennzeichnung einzelner Grundstoffe, nicht der gesamten Spritzflüssigkeit dienen, sind Viskosität und Flüchtigkeit. Die Bestimmung dieser besonders zur Charakterisierung von Mineralölen nötigen Eigenschaften ist im Kap. Mineralöle, S. 619, beschrieben.

### 3. Eigenschaften besonderer Mittel

In erster Linie ist hier das Wachslösungsvermögen der Blutlausmittel zu beachten, zu dessen Bestimmung Nitsche[1]) Methoden beschrieben hat.

## *Die chemischen Bestandteile der Pflanzenschutzmittel*

## Kupfer

Die bekannte *gravimetrische Bestimmung* des Kupfers als $Cu_2S$ nach vorheriger Fallung mit $H_2S$ oder auch mit Natriumthiosulfat aus saurer Lösung ist trotz der Umständlichkeit wegen ihrer großen Genauigkeit und der Möglichkeit, hierdurch das Kupfer von verschiedenen anderen Metallen zu trennen noch immer gebräuchlich. Das Verfahren gestaltet sich bei Überführung des Kupfersulfürs in CuO durch Erhitzen erheblich einfacher. Infolge Schwefelgehaltes des CuO findet man dabei leicht zu viel Cu. Brauchbare Werte erhält man, wenn man das Schwefelkupfer unmittelbar nach der Fällung mit dem Filter in schräg liegendem Porzellantiegel naß verbrennt.[2]) Treadwell empfiehlt Glühen des CuO über dem Gebläse.

Die Fällung des Cu als Rhodanür nach Rivot wird wegen der Billigkeit, Einfachheit und Zuverlässigkeit bei Gegenwart vieler anderer Metalle viel benutzt. Eisen, Arsen, Zink, Cobalt, Nickel und Mangan stören den Analysengang nicht. Bei Anwesenheit von Wismut-, Antimon- und Zinnsalzen läßt sich das Ausfallen basischer Verbindungen durch Zugabe von Weinsäure vermeiden. Nach Kolthoff und van der Meene[3]) ist folgendes für das Rivotsche Verfahren beachtenswert. Salz- und Schwefelsäure stören nicht, wenn die Konzentration der Fällungsflüssigkeiten nicht größer als etwa n/2 ist. Der Überschuß an Rhodanid darf nach der Fällung nicht größer als etwa n/2 sein. Nach dreistündigem Stehen ist die Ausfällung vollständig. Bei Anwesenheit freier Mineralsäuren dauert das quantitative Ausfallen des Cu länger. Die Trocknung des Kupferrhodanürs bei 110—120° beansprucht etwa $2\frac{1}{2}$—4 Stunden. Nachwaschen mit Alkohol ist wegen des dabei möglichen Durchlaufens des Niederschlages nicht zu empfehlen. Der Analysengang ist folgender: 50 ccm etwa 0,2 g Cu enthaltende Lösung werden mit 25 ccm einer 3%igen Lösung von $SO_2$, mit 5 ccm 4 n Schwefel- oder Salzsäure versetzt. Man erhitzt bis nahe zum Kochen und gibt langsam 20 ccm 5%iges KCNS zu. Nach 24stündigem Stehen wird der Niederschlag auf einem Glasfiltertiegel 3 G 7, Porzellanfiltertigel BI oder auch Goochtiegel gesammelt, mit 60—80 ccm Wasser bis zum Verschwinden der Eisenreaktion in saurer Lösung gewaschen und bei 110—120° getrocknet. An Stelle einer Lösung von $SO_2$ verwendet Kolthoff auch eine 10%ige $NaHSO_3$-Lösung, die beim Erwärmen mit Cu-Lösung und Salzsäure kein schwarzes Kupfersulfid bilden darf. Man kann auch mit verdünnteren Kupferlösungen arbeiten.

Der Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen hat auf Vorschlag von Mach[4]) folgende Ausführung der Rhodanmethode für die Untersuchung von Kupfervitriol als Verbandsverfahren gewählt: Man kocht 10 g Substanz im Literkolben mit 600 ccm Wasser und 20 ccm 10%iger Salzsäure auf, füllt auf, erhitzt 100 ccm des Filtrates mit 100 ccm Wasser, 10 ccm 20%iger Weinsäure und 30 ccm frisch bereitetem 5%igem Natriumsulfit (krist.) bis zum Auftreten der ersten Kochblasen und läßt unter Umrühren 50 ccm 1%ige $NH_4CNS$-Lösung langsam einlaufen. Nachdem sich die Hauptmenge des Niederschlages abgesetzt hat, was etwa 2 Min. dauert, filtriert man heiß durch einen Filtertiegel (z. B. B II der Berliner Porzellanmanufaktur), wäscht mit heißem Wasser und dann mit etwas Azeton. Das Gewicht

[1]) Nitsche, G., Nachrichtenbl. D. P. D. **13**, 1933, 9 u. 18.
[2]) Kolthoff, J. M., Ztschr. anal. Chem. **28**, 1889, 680.
[3]) Kolthoff, J. M., und v. d. Meene, H. G. P., Ztschr. anal. Chem. **72**, 1927, 342.
[4]) Mach, R., Chem. Ztg. **52**, 1928, 798.

des $\frac{1}{2}$ Stunde bei 120—130° getrockneten Niederschlages mal 0,5226 ergibt das in 1 g enthaltene Kupfer. Über Titration des CuCNS berichtet Oberhauser.[1])

Nach J. Krauß[2]) ist das nach Rivot gefällte CuCNS bei Gegenwart von Quecksilber nicht vollständig quecksilberfrei. Einen davon freien Niederschlag erhält man unter bestimmten von Krauß angegebenen Bedingungen beim Ersatz der schwefligen Säure durch chlorammonhaltige Hydroxylaminsulfatlösung. Das Quecksilber läßt sich in dem angesäuerten und mit Bromlauge versetzten Filtrat als HgS bestimmen. Das gewöhnliche Rivotsche Verfahren wird man bei Gegenwart von Quecksilber auch anwenden können, wenn man das gefällte Kupferrhodanür nach Fenner und Forschmann[3]) durch Glühen in der Muffel bei 800° in CuO überführt, wodurch sich Spuren von Quecksilber beseitigen lassen. Nach Bodnar kann man kupferhaltige Mittel mit nur geringem Quecksilbergehalt nach der üblichen Methode (Wägung als CuCNS) analysieren.

Für die Trennung des Kupfers vom Quecksilber sind außer der vorstehenden brauchbaren Kraußschen Methode verschiedene gravimetrische Verfahren empfohlen worden, die teilweise unzuverlässig sind, wie z. B. die von Rath[4]) und von Uslar[5]). Nach der zuverlässigen Arbeitsweise von Spacu und Dick[6]) neutralisiert man die saure Flüssigkeit mit Ammoniak und fügt Pyridin bis zur lebhaften blauen Färbung, darauf festes Ammoniumrhodanid (etwa 0,5 g) bis zur Beendigung der Fällung. Der abgeschiedene grüne Niederschlag wird in einem Goochtiegel gesammelt, 6—8mal mit Rhodansalz und pyridinhaltigem Alkohol (800 ccm 95%iger Alkohol + 192 ccm Wasser + 8 ccm Pyridin + 0,5 g Ammoniumrhodanid), 2—3mal mit absolutem Alkohol (10 ccm Alkohol und 2 Tropfen Pyridin) und schließlich mehrmals mit pyridinhaltigem Äther (20 ccm Äther und 2 Tropfen Pyridin) gewaschen. Der Niederschlag wird im Vakuum 5—20 Min. lang getrocknet, er hält sich auch stundenlang im Vakuum ohne Gewichtsverlust. Übermäßige Mengen an Ammonsalzen dürfen nicht zugegen sein, weil dann die Kupferverbindung schwammig und unvollständig ausfällt. Der Niederschlag hat die Zusammensetzung $(CuPy_2) \cdot (SCN)_2$; der Faktor für die Berechnung von Cu ist 0,18817. In dem mit Salzsäure angesäuerten Filtrat läßt sich das Quecksilber mit $H_2S$ als HgS bestimmen. Zn-, Cd-, Ni-, Co-, Mn-Salze dürfen nicht zugegen sein.[7])

Stark saure Kupfer-Quecksilber-Lösungen, die nach der Neutralisation mit $NH_3$ viel Ammonsalze enthalten, werden nach einem neueren Verfahren von Spacu und Suciu[8]), bei dem das Kupfer als Komplexverbindung $(HgJ_4) \cdot (CuH_2N \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot NH_2)$ zur Wägung gelangt, mit Ammoniak fast bis zur neutralen Reaktion und sodann tropfenweise mit Äthylendiamin bis zum Eintritt der blauvioletten Färbung versetzt. Man fügt darauf noch etwas Äthylendiamin und weiter 1—2 g Ammoniumrhodanid und 2 g Kaliumjodid hinzu. Die letzte Menge Jodid genügt für eine 0,1 g Kupfer enthaltende Lösung von 100 ccm Volumen. Man erhitzt weiter bis zum Sieden und fällt mit einer heißen konzentrierten Lösung von Kaliumquecksilberjodid, die man durch Versetzen einer Quecksilberchloridlösung mit einem geringen Überschuß an Kaliumjodid bereitet. Ist das Verhältnis von Quecksilber zum Kupfer größer als 1 : 1, so ist die Zugabe von Quecksilbersalzlösung überflüssig. Nach der Fällung läßt man die Flüssigkeit unter öfterem Umrühren erkalten. Abkühlung mit kaltem Wasser ist wegen des dabei entstehenden feinkristallinischen Niederschlages unzweckmäßig. Der Niederschlag wird auf einem Porzellanfiltertiegel oder Goochtiegel gesammelt, mit Waschwasser (1 l Wasser + 1 g Quecksilberchlorid + 20 g Kaliumjodid + 10 g Ammoniumrhodanid + 20—30 Tropfen Äthylendiamin), darauf 3—4 mal mit je 1 ccm Alkohol und ebenso oft mit Äther gewaschen, 10 Min. lang im Vakuum getrocknet und gewogen. Der Faktor für die Berechnung des Kupfers beträgt 0,07127. Der Niederschlag bleibt an der Luft tagelang

[1]) Oberhauser, F., Ztschr. f. anorg. Chemie **144**, 1925, 257.
[2]) Krauss, J. Ztschr. angew. Chem. **40**, 1927, 354.
[3]) Fenner, G., und Forschmann, J., Chem. Ztg. **42**, 1918, 205.
[4]) Treadwell, W., Lehrbuch der analyt. Chemie, 6. Aufl. II, 162.
[5]) Uslar, K. v., Ztschr. f. analyt. Chem. **34**. 1895, 391.
[6]) Spacu, G. und Dick, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 185.
[7]) Tettamanzi, A., Ind. chimica **9**, 1934, 609; Ref. Chem. Ztrbl. 1934, II, 1811.
[8]) Spacu, G. u. Suciu, G., Ztschr. f. analyt. Chem. **78**, 1929, 329.

unverändert. Die Methode eignet sich besonders für die Bestimmung geringer Mengen Kupfer (siehe auch Quecksilber).

Neuerdings hat Ephraim[1]) zur Bestimmung des Kupfers das Salizylaldoxim vorgeschlagen, welches das Cu aus essigsaurer Lösung als Innerkomplexsalz ausfällt:

CH
N — OH
cu
O

Salizylaldoxim hat vor den Kupferfällungsmitteln Cupron (Benzoin-oxim) (I) und Cupferron (Nitrosophenylhydroxylamin-Ammonium) (II)

I. $C_6H_5 \cdot CH(OH) \cdot C : NOH \cdot C_6H_5$ II. $C_6H_5 - N\begin{matrix} NO \\ ONH_4 \end{matrix}$

verschiedene Vorzüge. Die Fällung ist leicht auszuführen, nur ist peinlich genaues Auswaschen des Niederschlages notwendig. Das Kupfersalz enthält 18,95% Cu. Folgende Metalle waren ohne störenden Einfluß: Zn, Ni, Co, Cd, $Fe^{III}$, Ag, $Hg^{II}$, $As^{III}$. Die Fällung mit Salizylaldoxim eignet sich nach Alten, Wandrowsky und Knippenberg[2]), auch zur nephelometrischen Mikrobest. (bis 10γ).

Kolorimetrisch läßt sich Kupfer nach Uhlenhut[3]) mit 1,2-Diamino-anthrachinon-3-sulfosäure, nach Elvehjem und Lindow[4]) als Cu $(C_5H_5N)_2(CNS)_2$ bestimmen.

Eine Reihe *maßanalytischer Methoden* zur Bestimmung des Kupfers beruht auf der Umsetzung $2\,CuSO_4 + 4\,KJ = Cu_2J_2 + 2\,K_2SO_4 + 2\,J$ und der Bestimmbarkeit des in Freiheit gesetzten Jods mit Natriumthiosulfat (Methode de Haën). Die Kupferlösung von etwa 100 ccm Volumen darf nach Gooch und Heath[5]) nicht über 0,3 g Cu, höchstens 3 ccm $H_2SO_4$, HCl, $HNO_3$ oder 25 ccm 50%ige Essigsäure und soll mindestens 5 g jodatfreies Kaliumjodid enthalten. Es wird mit n/10 Natriumthiosulfatlösung (Indikator: Stärkelösung) titriert. Moser[6]) warnt vor dem Gebrauch von HCl, weil sich diese mit $Cu_2J_2$ umsetzt. Er empfiehlt Zusatz von 5 ccm 10 n $H_2SO_4$ (spezifisches Gewicht 1,29) und für 100 ccm Flüssigkeit das Vierfache der theoretisch erforderlichen Menge KJ, also auf 0,15 g Cu etwa 3 g KJ. Der große Überschuß an KJ ist notwendig, um die Reaktion $Cu_2J_2 + J_2 = 2\,CuJ_2$ zu verhindern. Salpetersäure als Säurezusatz ist im Hinblick auf die Gefahr einer Jodausscheidung durch Stickstoffoxyde ebenfalls nicht ratsam. Bei salzhaltigen Lösungen ist $H_2SO_4$ der Essigsäure vorzuziehen.[7]) Hg, Sn, Bi, Cd stören nicht, auch nicht As und Sb, wenn sie in den höchsten Oxydationsstufen vorhanden sind.[8])

Bei Anwesenheit von Fe ist nach Moser[9]) sowie Kolthoff[10]) Zugabe von Natriumpyrophosphat zwecks Bildung eines Jod nicht in Freiheit setzenden Eisenkomplexsalzes nötig. Nach Classen[11]) versetzt man 10 ccm der Kupfereisenlösung, die etwa 0,1 g Kupfer enthält, und deren Eisengehalt den Kupfergehalt um höchstens ein Drittel überschreitet, mit festem Natriumpyrophosphat ($Na_4P_2O_7 + 10\,H_2O$; 11 Teile lösen sich in 100 Teilen Wasser bei 20°), schüttelt bis zur Bildung einer klaren blauen Lösung und gibt 3—4 g KJ und 10 ccm 80%iger Essigsäure hinzu. Da die Umsetzung bei Anwesenheit von Pyrophosphaten langsamer erfolgt,

---

[1]) Ephraim, F., Ber. Dtsch. Chem. Ges. **63**, 1930, 1928.

[2]) Alten, F., Wandrowsky, B., u. Knippenberg, E., Mikrochemie 20 (N. F. 14) 77—84, 1936; Chem. Ztrbl. 1937 I 139.

[3]) Uhlenhut, R., Chem. Ztg. **34**, 1910, 887.

[4]) Elvehjem, C. A., u. Lindow, C. W., The Journal of Biological Chemistry **81**, 1929, 435.

[5]) Gooch, F. A., u. Heath, F. H., Ztschr. f. anorgan. Chem. **55**, 1907, 119.

[6]) Moser, L., Ztschr. f. anorg. Chem. **56**, 1907, 143.

[7]) Peters, A. W., Ztschr. f. analyt. Chem. **58**, 1919, 130.

[8]) Classen, A., Maßanalyse. Leipzig, 1912. S. 591.

[9]) Moser, L., Ztschr. f. analyt. Chem., **43** 1904, 597.

[10]) Kolthoff, S. M., Chem. Ztg. **42**, 1918, 610.

[11]) Classen, A., Maßanalyse 1912, S. 585.

läßt man die Flüssigkeit 10 Min. lang stehen und titriert darauf. Die Titration wird auch in Gegenwart von Arsen$^{V}$ neben Eisen bei Zugabe von Pyrophosphaten nicht gestört. Titrationen des Kupfers neben Arsen siehe auch Schweinfurtergrün unter As, S. 592.

Ley[1]) fügt bei Gegenwart von Eisen Natriumphosphatlösung und Essigsäure zu, da nur Kupfer-, nicht Eisenphosphat in Essigsäure löslich ist. Hahn und Windisch[2]) empfehlen Zusatz von Natriumphosphat und p-Nitrophenol und danach Zusatz von Phosphorsäure bis zur Entfärbung. Die Ausscheidung von $FePO_4$ stört die Titration nicht.

Über die Titration des Kupfers in eisenhaltiger Lösung nach vorheriger Ausfällung des Eisens mit Natriumfluoridlösung als Ferrifluorid in essigsaurer Lösung siehe Fraser.[3])

Der erhebliche Verbrauch von Jodkalium bei der Methode de Haën hat dazu geführt, billigere Verfahren auszuarbeiten. Zecchini[4]) benutzt zur Kupferbestimmung die Umsetzung von Natriumthiosulfat mit Cuprisalzlösung unter Bildung von Cuprotetrathionat, das mit Alkali- oder Ammoniumrhodanid in unlösliches Cuprorhodanid übergeführt wird, wonach der Rest des nicht verbrauchten Thiosulfats zur Bestimmung gelangt. Bodnár[5]) bedient sich dieser Methode für Pflanzenschutzmitteluntersuchungen wie folgt: Die Präparate erhitzt man zunächst zur Zerstörung der organischen Substanz mit einer Mischung von Schwefel- und Salpetersäure. Die Flüssigkeit wird nach Auffüllung auf ein bestimmtes Volumen von etwa ungelöst gebliebenen Stoffen filtriert und ein Teil des Filtrats mit Ammoniak bis zur Ausscheidung eines Niederschlages und sodann mit Schwefelsäure angesäuert. Die Lösung kocht man zur Entfernung von salpetriger Säure etwa 10 Min. lang, versetzt mit Ammoniak in geringem Überschuß, darauf tropfenweise mit n/10 Schwefelsäure bis zur ganz schwach sauren Reaktion und gibt eine mit reinem Kupfersulfat eingestellte n/10 Thiosulfatlösung im Überschuß hinzu. Sodann wird nach einigen Minuten das nicht verbrauchte Thiosulfat mit einer ebenfalls auf Kupfer eingestellten n/30 Jodlösung zurücktitriert. Bodnár benutzt eine ungefähr n/10 Thiosulfatlösung mit etwa 9 g Ammoniumrhodanid je Liter und stellt die Maßlösung wie folgt ein:

1. 20 ccm $Na_2S_2O_3$-Lösung verbrauchten 64,7 ccm Jodlösung;
2. 20 ccm $Na_2S_2O_3$-Lösung + 10 ccm $CuSO_4$-Lösung (40,4 mg Cu) verbrauchten 42,2 ccm Jolösung;

64,7 — 42,2 = 22,5 ccm Jodlösung = 40,4 mg Cu;
1 ccm Jodlösung entspricht also 1,80 mg Kupfer.

Gegenwart von Ferrosulfat stört den Analysengang des Verfahrens von Zechini nach Inzce[6]) nicht.

Bodnár u. Terenyi[7]) benutzen ferner für Kupferbestimmungen in Pflanzenschutzmitteln die jodometrische Methode von Bruhns.[8]) Bruhns vermeidet den Verbrauch größerer Mengen teueren Jodsalzes durch Ersatz des Kaliumjodids größtenteils durch Kaliumrhodanid. Die sich dabei unter vorübergehender Bildung von $Cu_2J_2$ und $Cu(SCN)_2$ abspielende Reaktion ist beendet, wenn das Kupfer vollständig in Cuprosulfozyanid übergeführt ist und sich Jod aus Cuprosulfozyanid bzw. Cuprisulfat nicht mehr bilden kann:

$$2\,Cu\,(SCN)_2 + 2\,Na_2S_2O_3 = Cu_2\,(SCN)_2 + 2\,Na\,SCN + Na_2S_4O_6.$$

Nach Bodnár und Terényi wird die von der Zerstörung der organischen Substanz des zu untersuchenden Mittels her Salpetersäure sowie Schwefelsäure und etwa 100 mg Kupfer enthaltende, 50 ccm fassende Lösung mit konzentriertem Ammoniak bis zur Ausscheidung eines Niederschlages und wieder mit Schwefelsäure bis zur Auflösung des Niederschlages versetzt, einige Minuten zur Entfernung salpetriger Säure gekocht und abgekühlt. Bei eisenfreier Lösung versetzt man diese mit 10—20 ccm 20 %iger Schwefelsäure sowie 5 ccm Bruhnsscher

---

1) Ley, H., Chem. Ztg. **41**, 1917, 763.
2) Hahn F. L., u. Windisch, H., Ber. Dtsch. Chem. Ges. **56**, 1923, 600.
3) Fraser, A., J. Soc. Chem. Ind. **34**, 1915, 462; Chem. Ztrbl. 1915, II, 244.
4) Zecchini, M., Chem. Ztrbl. 1899, I, 1085.
5) Bodnár, J., und Terényi, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **69**, 1926, 263.
6) Inzce, G., Ztschr. f. analyt. Chem. **54**, 1915, 252, 412.
7) Bodnár, I., u. Terényi, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **69**, 1926, 264.
8) Bruhns, G., Chem. Ztg. **42**, 1918, 301.

Lösung (Lösung von 62,5 g KSCN oder 48 g $NH_4SCN$ und 20 g jodatfreies KJ, Vol. 1 l, lange haltbar, auf 100 mg Kupfer genügen 5 ccm) und darauf sofort mit auf Kupfer eingestellter n/10 oder n/20 Thiosulfatlösung. Sobald der entstehende Niederschlag und die Lösung lichtgelbe Färbung annehmen, wird Stärkelösung hinzugegeben und weiter bis zum endgültigen Verschwinden der blauen Färbung titriert.

Bei eisenhaltiger Lösung wird diese mit so viel festem Natriumpyrophosphat versetzt, bis der entstandene Niederschlag wieder in Lösung geht und weiter nach vorstehender Angabe verfahren. Der Schwefelsäuregehalt der Lösung soll ungefähr 2—4 %, jedenfalls nicht mehr als 5 % betragen. Bei Anwesenheit von Arsen wird etwas Ferrisulfatlösung zwecks Ausschaltung der Arsenwirkung zugegeben und im übrigen wie beim Vorliegen einer eisenhaltigen Flüssigkeit verfahren (Schwefelsäuregehalt der Lösung etwa 3 %). Geringe Mengen von Quecksilber stören die Titration nicht. Ist mehr als 20 mg Quecksilber vorhanden, so wird die Lösung mit Ammoniak im Überschuß versetzt. Ein etwa sich bildender Niederschlag kann aus Eisenhydroxyd und Spuren von einer Merkuriaminoverbindung bestehen. Die letzte läßt sich durch Zugabe von festem Ammoniumnitrat in Lösung bringen. Das Eisenhydroxyd muß abfiltriert und, da es etwas kupferhaltig ist, danach nochmals in heißer verdünnter Schwefelsäure gelöst und wiederum mit Ammoniak gefällt werden. Das Filtrat nach der zweiten Ausfällung wird der Hauptlösung hinzugegeben. Die Lösung wird darauf bis zum Kochen erhitzt und während des Kochens mit 3—5 ccm 5 %iger Hydroxylaminchloridlösung versetzt. Nach 4—5 Min. langem Kochen filtriert man das ausgefällte Quecksilber ab, gibt zu dem Filtrat Salpetersäure, darauf Ammoniak bis zum Neutralisationspunkt und verfährt nach schwachem Ansäuern mit Schwefelsäure und nach einigen Minuten langem Kochen der Lösung wie angegeben.

Mach und Lederle[1]) bestimmen das Kupfer nach der Rhead-Moserschen Methode in abgeänderter Form mit Titantrichlorid in Kohlensäureatmosphäre. Eisen muß dabei durch doppelte Fällung entfernt werden.[2])

Boye[3]) titriert Kupfer mit Rhodanid nach Reduktion mit Hydroxylaminsulfat direkt. Jolsson[4]) führt in rotes kolloidales Cuproazetylid über, das sich mit 0,1 %iger KCN-Lösung auf farblos titrieren läßt: $2\,Cu^+ + 6\,CN' = 2\,(Cu(CN)_3)''$.

Blei und Kupfer lassen sich in Präparaten mit organischen Stoffen mühelos durch Behandlung der Substanz mit $H_2SO_4$, $HNO_3$ und danach mit $C_2H_4(NH_4)_2$ (s. S. 589 oben), Abfiltrieren und Wägen des $PbSO_4$ wie üblich und Fällung oder Titration des Cu im Filtrat bestimmen. Bei Gegenwart von $BaSO_4$, $CaSO_4$, $SiO_2$ und anderen Stoffen im $PbSO_4$ muß dieses mit gesättigter, etwas Ammoniak enthaltender Ammoniumazetatlösung durch halbstündiges Digerieren im Wasserbad gelöst und das Pb im Filtrat (Filter mit Ammonazetat und Wasser nachwaschen) als Chromat gefällt und gewogen werden (S. Treadwell, F. P., Analytische Chemie 6. Aufl. II, 1913, 146).

Bestimmung von Blei und Kupfer in Pflanzenschutzmitteln auf Grund der Unlöslichkeit von Pb und der Löslichkeit von Cu in Essigsäure s. Journ. Assoc. offic. agric. Chemists **14**, 1931, 260; Chem. Ztrbl. 1931, II, 2048 (S. a. Funk, H., und Schormüller, J., Z. f. analyt. Ch. **82**, 1930, 361).

Methoden über Nachweis und Bestimmung kleinster Mengen Cu siehe Chem. Ztrbl. 1927, I, 775; 1929, II, 1186, 1947, 2119, 2230; (1929 I, 2674;) 1932, II, 2343, 2493. Über die elektrolytische Bestimmung vgl. Fischer, A. und Schleicher, A., „Elektroanalytische Schnellmethoden". Stuttgart 1926, S. 131.

Bertrand und de Saint-Rat[5]) empfehlen als völlig spezifisches Reagens auf kleine Mengen (bis 0,1 $\gamma$ je ccm) Cu 0,001 %ige Urobilinlösung in Alkohol. Kuhlberg[6]) kann mit o-Tolidin + Bromid noch bis 0,003 $\gamma$ in Verdünnungen von 1 : 5000000 nachweisen.

[1]) Mach, F., u. Lederle, P., Landwirtschaftl. Versuchsstation **84**, 1914, 135; **90**, 1917, 191.

[2]) König, I., Untersuchung landwirtsch. wichtiger Stoffe, V, Bd. II, Berlin, 1926, S. 867.

[3]) Boye, E., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **67**, 1934, 1119.

[4]) Jolsson, L. M., u. Woronowa, A. I., Ztschr. f. anal. Chem. **106**, 1936, 157—67; Chem. Ztrbl. 1937, I, 139.

[5]) Bertrand, G., u. de Saint-Rat, L., C. R. hebd. S. Ac. Sci. **203**, 1936, 140—143; Chem. Ztrbl., 1937, I, 1487.

[6]) Kuhlberg, L., Mikrochemie **20** (N. F. **14**), 1936, 153—160; Chem. Ztrbl., 1937, I, 1986.

In Weinen läßt sich Kupfer nach dem Verfahren von Spacu gut bestimmen. Genaue Vorschriften dafür gibt Golse.[1]) Über die Methoden zur Bestimmung des Beizmittelbelages auf Getreide siehe Kap. Trockenbeizgeräte.

## Quecksilber

Als quecksilberhaltige Pflanzenschutzmittel kommen hauptsächlich Beizmittel in Betracht, die das Quecksilber meistens in organischer Bindung enthalten. Die organische Substanz in derartigen Präparaten muß zunächst zerstört werden. Nach dem hierfür benutzbaren Verfahren von Wöber[2]) wird die einem Quecksilbergehalt von etwa 0,1 g HgS entsprechende Substanz in einem 250 ccm Erlenmeyerkolben mit etwa 5 ccm chemisch reiner konzentrierter Schwefelsäure versetzt. Den Kolben versieht man mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel, der einen kleinen Tropftrichter und ein U-förmig gebogenes Glasrohr trägt, das mit einem kleinen Péligotrohr verbunden ist. Durch den Tropftrichter läßt man 0,5—1 ccm oder je nach Bedarf etwas mehr Wasserstoffsuperoxyd mit 30 Gew. % $H_2O_2$ (*Perhydrol* Merck) ganz langsam tropfenweise unter ständigem Umschütteln in den Kolben fließen, während man das mit etwa 5 ccm Wasser beschickte Péligotrohr mit kaltem Wasser kühlt. Die Verbrennung der organischen Substanz erfolgt unter starker Wärmeentwicklung. Der Kolbeninhalt wird weiter erhitzt, bis sich im gekühlten Péligotrohr weiße Nebel von $SO_3$ zeigen und der Inhalt des Kolbens entfärbt ist. Bei noch nicht vollständiger Zersetzung der organischen Substanz kühlt man etwas ab, setzt noch Schwefelsäure und einige Tropfen $H_2O_2$ hinzu und erhitzt weiter. Bodnár, Róth und Tergina[3]) empfehlen anstatt des Wöberschen Aufsatzes ein einfaches 40 cm langes eingeschliffenes Rückflußrohr, durch das auch die Zugabe von $H_2O_2$ erfolgt. Quecksilberverluste treten dabei nicht ein.

Rupp[4]) zerstört die organischen Teile der Substanz durch Erhitzen mit 5 ccm konzentrierter Schwefelsäure und 1 g Kaliumnitrat in einem mit 50 cm langem Rückflußrohr versehenen Kolben bis zur Farblosigkeit. Auch ein Gemisch von Schwefel- und Salpetersäure soll hierzu benutzbar sein. Bei der Verarbeitung chlorhaltiger Substanz verflüchtigen sich in dem letzten Fall Spuren von Quecksilber als $HgCl_2$. (Kaliumsalz und $NH_4Cl$ sollen die Verflüchtigung von $Hg\,Cl_2$ verhindern, nicht dagegen NaCl.)[5]) Über Korrekturen der endgültigen Quecksilberwerte siehe Angaben S. 582. Einen brauchbaren besonderen Apparat zur Zerstörung organischer Substanz mit sehr wenig Hg vermittels $H_2SO_4 + HNO_3$ beschreibt Heubner.[6]) Die nach der Zerstörung der organischen Substanz erhaltenen stark sauren Flüssigkeiten kann man verschieden verarbeiten.

Bauer[7]) versetzt die nach Wöber erhaltene mit wenig Wasser verdünnte schwefelsaure Lösung mit konzentrierter Ammoniaklösung bis zur deutlich alkalischen Reaktion, kocht die Flüssigkeit 3 Min. lang, gibt zur abgekühlten Lösung 10 ccm n/5 Kaliumzyanidlösung sowie 5 Tropfen einer 10%igen Jodkaliumlösung und titriert darauf den Überschuß des KCN mit n/20 Silbernitratlösung zurück. Das Auftreten einer Trübung (AgJ) zeigt das Ende der Titration an. Der Titer der nicht sehr beständigen Zyanidlösung wird jedesmal festgestellt, indem man 10 ccm davon nach Zugabe von 30 ccm Wasser, einigen Tropfen Ammoniak und 5 Tropfen 10%iger Jodkaliumlösung mit n/20 Silbernitratlösung titriert. 1 ccm n/20 Silbernitratlösung entspricht 0,01 g Quecksilber. Geringe Mengen Eisen stören die Bauersche Titrationsmethode nicht. Beträchtlichere Mengen ausgeschiedenes Ferrihydroxyd filtriert man vor der Titration ab. Hat man die organische Substanz des Präparates mit $H_2SO_4 + HNO_3$ oder $KNO_3$ zerstört, so muß man die Flüssigkeit vor der Titration nach Bauer der nachstehenden gravimetrischen $H_2S$-Methode gemäß vorbehandeln.

---

[1]) Golse, J., Bul. Trav. Soc. Pharmac. **71**, 1933, 24—30; Chem. Ztrbl., 1933, II, 2428.
[2]) Wöber, A., Ztschr. f. angew. Chem. **33**, 1920, 63.
[3]) Bodnár, J., Róth, L. E. u. Tergina, I., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 85.
[4]) Rupp, E., Arch. d. Pharm. **255**, 1917, 191.
[5]) Winkler, L. W., Ztschr. f. analyt. Chem. **64**, 1924, 267.
[6]) Heubner, W., Z. f. physikal. Ch., Abt. A, **139**, 1928, 198.
[7]) Bauer, H., Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **54**, 1921, 2079.

Die Aufschließung Hg-haltiger organischer Substanz mit Salpetersäure-Wasserstoffsuperoxyd empfiehlt A. Stock.[1])

Wöber empfiehlt die nach seinem Verfahren erhaltene farblose schwefelsaure Lösung nach Zugabe von etwa 10 ccm Wasser und 1 g NaCl (zur Wiederauflösung später etwa ausgefallener schwer löslicher basischer Quecksilbersalze) mit NaOH (spez. Gew. 1,3) unter Kühlen zu neutralisieren und darauf in der beschriebenen Apparatur 10 Min. mit kleiner Flamme zwecks Zerstörung noch vorhandener Sulfomonoperschwefelsäure zu kochen. Hierbei wurden zuweilen Ausscheidungen einer geringen Menge basischen Hg-Salzes beobachtet, die sich bei weiterem Verdünnen der Lösung nur schwer lösen, aber durch Zugabe von etwas Salzsäure wieder in Lösung gebracht werden können. Danach wird die Lösung mit dem Péligotrohrinhalt in einer Stöpselflasche auf 100 ccm gebracht, unter tüchtigem Umschwenken mit 1—2 g KJ und sodann mit 10 ccm 30%iger Natronlauge versetzt. Sofort darauf werden unter Umschwenken 15 ccm einer Mischung aus 6 ccm reiner 40%iger Formaldehydlösung und 20 ccm Wasser langsam zugegeben. Nach 2 Min. langem, kräftigem Durchschütteln läßt man 30 Min. unter öfterem Umschwenken stehen, säuert mit etwa 10 ccm Eisessig an und fügt unter Umschütteln sofort ein überschüssiges Volumen (25 ccm) n/10 Jodlösung hinzu. Am Grunde des Gefäßes darf hiernach kein ungelöstes Quecksilber mehr vorhanden sein, gegebenenfalls muß dieses durch kräftiges Schütteln der Flüssigkeit in Lösung gebracht werden. Der Jodüberschuß wird durch n/10 Thiosulfatlösung (Indikator Stärkelösung) zurücktitriert. 1 ccm n/10 Jodlösung = 0,01 g Hg. Geringe Mengen von Perschwefelsäure und Salpetersäure können die Bildung von Jod bei der Zugabe des Jodkaliums veranlassen. Da das Jod bei der Alkalisierung in Jodid und Hypojodit übergeführt und dieses durch Formaldehyd gleichfalls zu Jodid reduziert wird, stören diese Substanzen das Verfahren nicht.

Diese Ruppsche Methode hat sich öfter als nicht ganz zuverlässig erwiesen. Bodnár führt diesen Umstand auf den Jodverbrauch zuweilen unzersetzt gebliebener organischer Verbindungen zurück. Auch ein Eisengehalt des Analysengutes beeinträchtigt die Zuverlässigkeit des Verfahrens erheblich.

Eine Anweisung für die Benutzung des Ruppschen Verfahrens geben Wessel und Keßler.[2])

Da die *gravimetrische Bestimmung* des Quecksilbers als HgS noch immer als sicherste und leicht ausführbare Methode gilt, kann man die nach dem Erhitzen der Substanz mit Schwefelsäure und Kaliumnitrat erhaltene Lösung mit $HN_3$ neutralisieren und darauf am Rückflußkühler mehrere Stunden bis zum Verschwinden der braunen Dämpfe kochen, wodurch sich $NH_4NO_3$ zersetzt. Nach Zugabe von 5 ccm $H_2SO_4$ fällt man das Hg mit $H_2S$. Für die Bildung des schweren, schwarzen Niederschlages reicht einstündiges Einleiten von $H_2S$ in die Flüssigkeit aus. Der Niederschlag wird auf einem gewogenen Goochtiegel gesammelt, mit heißem Wasser gewaschen und nach dem Trocknen bei 105—110° bis zur Gewichtskonstanz gewogen. Bei Anwesenheit nur geringer Mengen Eisen nimmt die über dem HgS stehende Flüssigkeit durch Bildung von Schwefel ein schwach trübes Aussehen an. In diesem Falle kann man als Notbehelf den Schwefel durch Waschen des Niederschlages auf dem Tiegel mit heißem Alkohol, darauf mit Schwefelkohlenstoff und wiederum mit heißem Alkohol wegnehmen. Über die Entfernung erheblicher Eisenmengen vgl. Krauß.[3])

Bei dem Verbrauch größerer Mengen Schwefelsäure nach der Wöberschen Methode ist die Neutralisation der schwefelsauren Lösung mit Ammoniak umständlich. Es läßt sich dann das folgende Verfahren einschlagen: Die Lösung wird mit Wasser auf etwa 200 ccm verdünnt, 5 Min. lang in dem mit dem Aufsatz versehenen Kolben gelinde gekocht und nach dem Erkalten tropfenweise mit verdünnter $KMnO_4$-Lösung zur Vernichtung von überschüssigem $H_2O_2$ versetzt, bis die Rosafärbung eben noch verschwindet. Vorhandene Persulfosäuren werden durch das Kochen der Flüssigkeit fast vollkommen zerstört. Vollständige Überführung der Persäuren wird durch Stehenlassen der Flüssigkeit über Nacht erreicht, wonach man Spuren des aus der Zersetzung der Persäuren entstandenen $H_2O_2$ noch durch etwas Permanganatlösung wegnimmt. Das Hg läßt sich dann als HgS bestimmen.

---

[1]) Stock, A., Angewandte Chem. 46, 1933, 189.
[2]) Wessel, F., und Keßler, M., Chem. Ztg. 55, 1931, 318.
[3]) Krauß, J., Ztschr. f. angew. Chem. 40, 1927, 354, 514.

Bei erheblichen Mengen Eisen muß man zunächst nach dem Bauerschen Verfahren arbeiten und nach dem Abfiltrieren des Eisenhydroxyds in dem mit Schwefelsäure im Überschuß versetzten Filtrat das Quecksilber als $H_2S$ bestimmen.

Über die Trennung des Quecksilbers von Kupfer ist außer den Angaben unter Kupfer folgendes erwähnenswert:

Nach einem Verfahren von Spacu und Suciu[1]) kann man das Quecksilber neben Kupfer und viel Ammoniumsalzen vermittels Äthylendiaminkupfersulfat fällen. Man versetzt die neutrale oder schwach ammoniakalische Lösung (Vol. 80—500 ccm) mit Kaliumjodid im Überschuß, erhitzt bis zum Sieden und gibt eine heiße konzentrierte Kupraesulfatlösung (bereitet durch Versetzen einer Kupfersulfatlösung mit wässeriger Äthylendiaminlösung bis zum Erscheinen der dunkelblauvioletten Färbung) hinzu. Der Überschuß des benutzten Äthylendiamins beträgt das 5—6fache der für $(Cu\,en_2)\,SO_4$ nötigen Menge. Nach dem Erkalten der Flüssigkeit filtriert man die dunkelblauvioletten Kristalle durch einen Porzellanfilter- oder Goochtiegel. Der Niederschlag wird mit einer 0,1 %igen Kaliumjodid und etwa 0,1 %igen Kupraesulfat enthaltenden Waschflüssigkeit, darauf 3—4mal mit je 2 ccm Alkohol und 2—4mal mit je 2 ccm Äther gewaschen. Man trocknet 10 Min. lang und wägt. Der Faktor für Quecksilber beträgt 0,2249. Die Verbindung ist bei längerem Stehen im Vakuum beständig.

Über die Beeinflussung des Verfahrens durch Eisen ist nichts angegeben. Seiner allgemeinen Einführung steht der hohe Preis des Äthylendiamins entgegen.

Nach Spacu und Armeanu[2]) läßt sich Quecksilber mit gestellter $[Cu \cdot en_2](NO_3)_2$-Lösung auch titrimetrisch, nach Spacu und Murgulescu[3]) auch potentiometrisch bestimmen.

Nach Bodnár[4]) soll die Trennung wie folgt erreichbar sein: die auf etwa 25 ccm verdünnte saure Lösung wird unter Kühlung mit konzentrierter Natronlauge bis zur alkalischen Reaktion und darauf mit 15 ccm 10 %iger Formaldehydlösung versetzt. (Bei Gegenwart von viel Cu $(OH)_2$ soll dieses mit Essigsäure in Lösung gebracht werden.) Nach Umschütteln und halbstündigem Stehenlassen filtriert man durch Filtrierpapier (589 Blauband) oder durch ein Glasfilter aus Jenaer Glas (Marke $< 7$, Poren 4—5 $\mu$ groß). Das abfiltrierte Quecksilber wird mit destilliertem Wasser (gegebenenfalls chlorfrei) gewaschen und sodann mit dem Filtrierpapier in dem zur Reduktion benutzten Kolben mit 10 ccm Salpetersäure versetzt. Nach vollständiger Auflösung des Quecksilbers gibt man 5 %ige Kaliumpermanganatlösung bis zur starken Färbung der Lösung hinzu, nimmt nach einigen Minuten die Rosafärbung der Lösung mit einigen Kubikzentimetern Ferroammoniumsulfatlösung weg und titriert mit gegen 100 %iges Quecksilber gestellter n/25 Ammoniumrhodanidlösung. Das anwesende Ferriammoniumsulfat wirkt als Indikator. Das Ende der Titration zeigt sich durch Rotfärbung der Flüssigkeit an. 1 ccm n/25 $NH_4SCN$-Lösung = 4 mg Hg. Durch die Kaliumpermanganatbehandlung sollen Merkuro- und Nitritionen beseitigt werden. Chlorionen dürfen nicht zugegen sein. Bei Verwendung eines Glasfilters löst man das Quecksilber durch langsames Durchsaugen von 10 ccm warmer Salpetersäure durch die Filterplatte.

Quecksilberhaltige Präparate, deren Quecksilbergehalt sich nach den üblichen Verfahren infolge störender Beimengungen nur schwierig ermitteln läßt, können nach der zuerst von Erdmann und Marchand[5]) beschriebenen Destillationsmethode analysiert werden. Nach Treadwell[6]) wird eine 50 cm lange und 1,5 cm breite Verbrennungsröhre mit einem Asbestpfropfen, dann mit einer 8 cm langen Schicht von reinem Kalk, weiter mit einer Mischung von Substanz und Kalk und hierauf mit einer 30 cm langen Kalkschicht, die man mit einem Asbestpfropfen abschließt, nicht zu fest gefüllt. Die Röhre zieht man hinter dem letzten Asbestpfropfen zu einer etwa 4 mm weiten Spitze aus, biegt diese rechtwinklig um und verbindet sie durch einen Gummischlauch mit dem leeren, engeren Schenkel einer sehr kleinen, gewogenen Péligotröhre mit lockerer Goldblattfüllung in dem anderen weiteren Schenkel.

---

[1]) Spacu, G., und Suciu, G., Ztschr. f. analyt. Chem. **77**, 1929, 334.
[2]) Spacu, G., und Armaenu, V., Chem. Ztrbl., 1934, II, 3531.
[3]) Spacu, G., und Murgulescu, I. G. ebd. 3530.
[4]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 95.
[5]) Erdmann und Marchand, Journ. f. prakt. Ch. **31**, 1844, 385.
[6]) Treadwell, F. P., Lehrb. d. analyt. Chem. II, 6. Aufl., Leipzig und Wien. 1913, S. 142.

Nach halbstündigem Durchleiten eines langsamen Leuchtgasstromes erhitzt man zunächst die 30 cm lange Kalkschicht bis zur schwachen Rotglut und erhitzt weiter langsam nach rückwärts, bis die ganze Röhre schwach glüht. Der größte Teil des Quecksilbers sammelt sich im Péligotrohr, während sich geringe Mengen davon in dem ausgezogenen Rohr kondensieren. Nach dem Erkalten des Apparates im Leuchtgasstrom schneidet man die Spitze rechts und links von dem Quecksilbertropfen ab, wägt sie, erhitzt das Röhrchen und wägt abermals. Durch das Péligotröhrchen leitet man längere Zeit trockene Luft durch, wägt und ermittelt die Quecksilbermenge aus den festgestellten Differenzen. Bodnár[1]) beschickt das Verbrennungsrohr mit einer 25 cm langen Schicht geglühter Kalkstückchen, einer 3—4 cm langen Schicht von körnigem Kupferoxyd, darauf mit der mit 20 g Kupferoxyd gemischten Substanz und weiter mit einer 3—4 cm langen Kupferoxydschicht. Er leitet trockenes Kohlendioxyd durch das Rohr, treibt das in dem gebogenen Ende des Rohres abgesetzte Quecksilber durch schwaches Erhitzen in das Péligotrohr über und wägt endlich das abdestillierte Quecksilber oder titriert es mit Ammoniumrhodanid nach Volhard in stark saurer Lösung.[2])

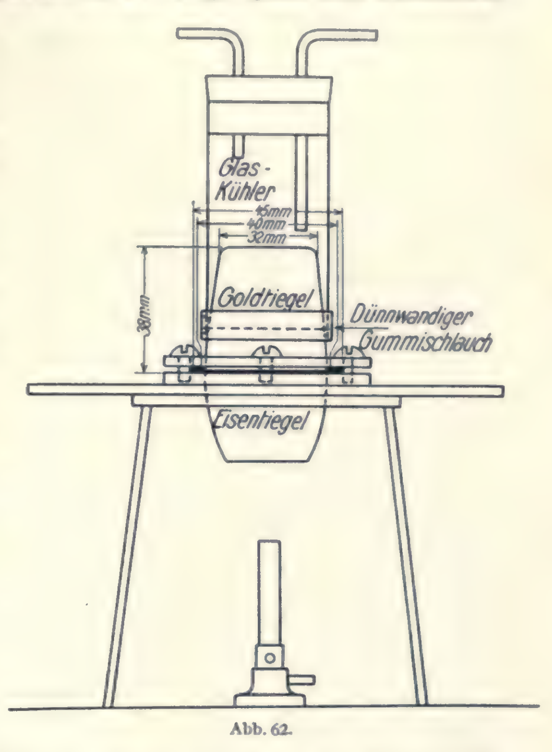


Abb. 62.

Für die Destillationsmethode nimmt man Substanz mit etwa 0,2—0,5 g Quecksilber. Bei Anwesenheit von Jodquecksilber muß man die größere Menge des im vorderen Teil der Röhre befindlichen Kalkes durch Kupferdrahtspiralen ersetzen. Auffangen des destillierenden Quecksilbers unter Wasser[3]), dessen Absetzung und Vereinigung zu einer Kugel man durch Zugabe von Alkohol und Äther zum Wasser beschleunigen kann, gibt um etwa 10% Hg zu niedrige Werte.

Whitmore[4]) bestimmt das Hg in Beizmitteln durch Destillation in besonderem Gerät (s. Abb.). Es besteht aus zwei geflanschten Tiegeln, die sich an den Rändern durch zwei Ringe und Scheiben miteinander verbinden lassen. Der obere etwas weitere Tiegel ist aus Gold, der untere aus Eisen. Auf dem Goldtiegel ist vermittels Gummiring ein Kühler angebracht. Das Gerät steht auf einer durchlochten Asbestscheibe, die den Eisentiegel nicht ganz bis zur Hälfte durchläßt. — Der Eisentiegel wird mit einem Gemisch aus 1 g Substanz und 5 g $Na_2CO_3$ beschickt, das mit etwas $Na_2CO_3$ und darauf mit 10 g $BaCO_3$ überschichtet wird. Nach dem Zusammensetzen des Gerätes wird der Eisentiegel gelinde erhitzt. Da das Hg am besten bei etwa 50° amalgamiert, darf das Kühlwasser nur wenig laufen. Man erhitzt 30 Minuten lang unterhalb Rotglut, läßt abkühlen, trennt den Goldtiegel ab, wäscht ihn mit 95% Alkohol, entfernt den Alkohol durch Erwärmen in der Hand, trocknet weiter über $CaCl_2$ bis zur Gewichtskonstanz und wägt. Die anzuwendende Menge Substanz

[1]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 104.
[2]) Volhard, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **18**, 1879, 288.
[3]) Classen, A., Ausgewählte Meth. d. analyt. Chem. Braunschweig, 1901, I, S. 49.
[4]) Whitmore, Organic compounds of mercury, The Chemical Catalog Co, 365, J. Assoc. Official Agric. Chem. **15**, 1932, 67; **13**, 1930, 156.

richtet sich nach ihrem Hg-Gehalt, der Goldtiegel hält sicher bis zu 0,12 g Hg fest. Das Hg des Goldtiegels wird nach der Analyse am besten wegen der großen Giftigkeit der Hg-Dämpfe im Freien verjagt, wobei nicht zu stark erhitzt werden darf, weil sonst das Gold schmilzt.

Bodnár[1]) empfiehlt für die Berechnung der nach den verschiedenen Verfahren erhaltenen Quecksilbermengen folgende Korrekturen:

| | Korrektur Hg | |
|---|---|---|
| | bei gravimetrischen Bestimmungen mg | bei titrimetrischen Bestimmungen nach Bodnár (Hg-Verbindung zunächst zu Hg reduziert) mg |
| a) bei chlorfreien oder wenig Chlor enthaltenden Beizmitteln, organische Substanz nach Wöber oder durch Schwefelsäure + Salpetersäure zerstört . . . . . . . . . . . | — | 0,3 |
| b) bei viel Chlor enthaltenden Beizmitteln, organische Substanz nach Wöber zerstört | 0,5 | 0,3 + 0,5 = 0,8 |
| c) bei viel Chlor enthaltenden Beizmitteln, organische Substanz durch Schwefelsäure + Salpetersäure zerstört . . . . . . . . . | 0,7 | 0,3 + 0,7 = 1,0 |

Über die Bestimmung des Hg in Holz vgl. Rütgerswerke[2]), über Nachweis des Hg in gebeiztem Getreide Kühl und Czyzewsky[3]), Schmidt und Tornow[4]) sowie Lepper.[5]) Einen nur 5 Min. in Anspruch nehmenden Nachweis des Hg neben allen anderen Metallen beschreibt Trischin.[6])

Majer[7]) beschreibt eine Mikromethode, die gegenüber der Bodnárschen Vorteile zeigen soll. Zur Bestimmung kleiner Mengen (bis 0,01 mg) durch vergleichbare Ringe von $HgJ_2$ vgl. Delauney.[8])

Nachweis und Bestimmung kleinster Mengen Hg.[9]) Sammelreferat Cucuel.[10])

Als neue, sowohl gravimetrisch als auch titrimetrisch ausführbare Bestimmungsmethode schlagen G. und P. Spacu[11]) die Fällung des Mercurosalzes mit $KJO_3$-Lösung als schwerlösliches Mercurojodat vor. Stschigol[12]) benutzt eine Reaktion zwischen HgO und Glyzerin zur titrimetrischen Bestimmung; Augusti[13]) fällt Hg als $(Hg_2N)_2CrO_4 \cdot 2H_2O$, löst den Niederschlag und titriert ihn.

[1]) Bodnár, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 102.

[2]) Rütgerswerke A.G., Chem. Ztg. **56**, 1932, 731.

[3]) Kühl, A., und Czyzewsky, B., Z. ges. Getreide- u. Mühlenwesen **20**, 1933, 68—70; Chem. Ztrbl., 1933, I, 3812.

[4]) Schmidt, E., und Tornow, E., Fortschritte der Landwirtschaft **7**, 1932, 40, 481. Chem. Ztg. **56**, 1932, 187, 206

[5]) Lepper, W., Landw. Versuchsstat. **117**, 1933, 109; Chem. Ztrbl., 1933, II, 3181.

[6]) Trischin, F. L., Chem. J. Ser. B. **7**, 1934, 1282—84 (russ.); Chem. Ztrbl. 1935, II, 1584.

[7]) Majer, V., Mikrochemie **11**, 1932, 21.

[8]) Delauney, A., Ann. Falsific. Fraudes **25**, 1932, 409; Chem. Ztrbl., 1933, I, 1326.

[9]) Stock, A., Angewandte Ch. **46**, 1933, 62, 187; **44**, 1931, 200; **42**, 1929, 424; **41**, 1928, 1336; Thilenius, R., u. Winzer, R., a. a. O. **42**, 1929, 284; Spacu, G., Z. f. analyt. Ch. **78**, 1929, 245; Chem. Zentralbl., 1929, II, 3041; Bodnár, J., Biochem. Z. **205**, 1929, 219; Fischer, H., u. Leopoldi, G., Z. f. analyt. Chem. **103**, 1935, 241—57; Strafford, N., u. Wyatt, P. F., Analyst **61**, 1936, 528—35; Chem. Ztrbl., 1936, II, 2950; Lobo, R., Anal. Farmac. Bioquim. **7**, 1936, 1—2; Chem. Ztrbl., 1937, I, 941.

[10]) Cucuel, F., Mikrochemie **13** (N. F. **7**), 1933, 321—364.

[11]) Spacu, G. u. P., Ztschr. f. anal. Chem. **96**, 1934, 30—34; Chem. Ztrbl., 1934, I, 1844.

[12]) Stschiogol, M., Ztschr. f. analyt. Chem. **96**, 1934, 330; Chem., Ztrbl. 1934, II, 288, 289.

[13]) Augusti, S., Gazz. chim. ital. **65**, 1935, 689; Chem. Ztrbl., 1936, I, 1923.

# Thallium

Der *Nachweis* kann spektroskopisch durch die sehr charakteristische grüne Linie der Wellenlänge 535,0 $\mu\mu$ erfolgen, die ganz anders als die benachbarte Ba-Linie 534,7 $\mu\mu$ hervorleuchtet. Mit Thionalid konnten Berg und Roebling[1]) bis zu 0,02 $\gamma$ Tl nachweisen; durch eine blaugrüne Färbung mit Leuko-o-nitrobrillantgrün sind nach Kuhlberg[2]) 0,09 $\gamma$ bei einer Grenzverdünnung von 1 : 550000 erkennbar.[3])

Für die *Bestimmung* des Thalliums in Pflanzenschutzmitteln dienen die Thallojodid- (TlJ), die Thallochromatmethode ($Tl_2CrO_4$) und ein Titrationsverfahren vermittels $KMnO_4$.[4]) Bei der ersten Arbeitsweise bedingt die geringe Löslichkeit des TlJ in Wasser bestimmte Vorsichtsmaßregeln. Von dem Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen ist auf Vorschlag von Mach[5]) für die Untersuchung von Zeliopräparaten die Jodidmethode in der folgenden Ausführung als Verbandsverfahren festgelegt worden: 5 g gemahlene Zeliokörner oder 5 g Zeliopaste werden im Kjedahlkolben unter Zugabe von Siedesteinchen mit 100 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,4) und 10 ccm konzentrierter Schwefelsäure gekocht. Zu dem dunkelgefärbten Rückstand setzt man Natriumnitrat in kleinen Portionen zu, bis die Lösung farblos bleibt. Zur Zersetzung der Nitrosylschwefelsäure kocht man unter Zufügung von frischen Siedesteinchen mit Wasser, gibt etwa 25 ccm 6%ige schweflige Säure zur Reduktion von möglicherweise gebildetem Thallisulfat zu, kocht das überschüssige $SO_2$ fort, verdünnt mit Wasser und neutralisiert mit Ammoniak (Indikator Rosolsäure). Man spült den Kolbeninhalt in einen 200 ccm-Kolben, gibt 5 ccm Eisessig hinzu, füllt auf, filtriert, erhitzt 100 ccm des Filtrates auf 80—90° und fällt mit 25 ccm 4%iger Kaliumjodidlösung das Thallium aus. Nach dem Abkühlen filtriert man durch einen Porzellansintertiegel, spült den Niederschlag mit möglichst wenig Waschflüssigkeit, die 1% Kaliumjodid und 1% Essigsäure enthält, ein, wäscht mit wenig 80%igem Azeton nach und trocknet eine halbe Stunde bei 120—130°. TlJ × 0,6170 = Tl.

Nach Soule[6]) läßt sich Thallium als Thallojodid bestimmen, indem man die zum Kochen erhitzte Lösung des Salzes mit KJ-Lösung versetzt. Nach 24stündigem Stehen filtriert man durch ein Papierfilter, in dessen Spitze sich ein Baumwollpfropfen befindet. Das Filter wäscht man vor der eigentlichen Filtration mit 25 ccm heißem $H_2O$, darauf mit 50 ccm gesättigter Thallojodidlösung aus, spült je 3mal mit Alkohol und Äther nach, trocknet bei 100° und wägt. Die Behandlung des Niederschlages auf dem Filter geschieht ebenso. Durch einen Vorversuch bestimmt man die notwendige Menge zuzusetzenden Kaliumjodids, indem man einen Teil der Lösung mit $HNO_3$ oder $H_2SO_4$ gegen Lakmus schwach ansäuert und 0,1 n KJ-Lösung zugibt, bis einige Tropfen des Filtrates mit $FeCl_3$ und $CHCl_3$ auf KJ und $J_2$ reagieren. Das Verfahren soll genau sein.

Für die von Browning und Hutchins[7]) beschriebene Chromatmethode geben Mach und Lepper[8]) folgende Arbeitsweise an: Man schließt 10 g gemahlene Zeliokörner mit Schwefel-Salpetersäure bis zum vollkommenen Vertreiben der $HNO_3$ auf und kocht die mit $H_2O$ verdünnte Lösung zur Reduktion etwa entstandenen Thallisulfates mit schwefliger Säure. Der Überschuß an $SO_2$ wird durch weiteres Kochen entfernt. Nach dem Neutralisieren mit $NH_3$ fällt man mit 25 ccm Eisenzitratlösung und 25 ccm Magnesialösung die Phosphorsäure, rührt eine Stunde, füllt auf 400 ccm auf, gibt zu 100 ccm des Filtrates 25 ccm 4%ige $K_2CrO_4$-Lösung, läßt 12—18 Stunden stehen, filtriert durch einen Goochtiegel, wäscht zuerst mit 1%iger $K_2CrO_4$-Lösung und dann mit wenig 80%igem Azeton und trocknet eine Stunde bei 120—130°. 1 mg $Tl_2CrO_4$ = 0,962 mg $Tl_2SO_4$ = 0,779 mg Tl.

---

1) Berg, R., und Roebling, W., Angew. Chem. **48**, 1935, 430—32.

2) Kuhlberg, L. M., Betriebs-Lab. (russ.) 4, 1935, 1215—18; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4599.

3) Steenhauer, A. J., Mikrochemie, Pregel-Festschr. 1929, S. 315; Ch. Ztrbl. 1930, I, 1184.

4) Vgl. Ztschr. f. anal. Chem. **58**, 1919, 280.

5) Landwirtschaftl. Versuchsstationen **110**, 1930, 243.

6) Soule, S., Chemist-Analyst **17**, 1928, 4; Chem. Ztrbl. 1928, II, 1699.

7) Browning, P., E., u. Hutchins, G. P., Ztschr. f. analyt. Chem. **40**, 1901, 39; **58**, 1919, 284.

8) Mach, F., u. Lepper, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **68**, 1926, 44.

Nach Moser, Brukl und Kosseck[1]) ist für die Bestimmung des Thalliums die Chromatmethode dem Jodidverfahren vorzuziehen. Die siedende ammoniakalische Lösung des Thalliumsalzes versetzt man mit $K_2CrO_4$-Lösung, bis sie 2% davon enthält, dekantiert den ausgeschiedenen Niederschlag nach zwölfstündigem Stehen mit 1%igem $K_2CrO_4$, filtriert mit 50%igem Alkohol durch ein Asbest- oder Glasfilter und wäscht sorgfältig aus. Der Niederschlag wird bei 120° getrocknet und gewogen. Es werden verschiedene Verfahren zur Trennung des Thalliums von anderen Metallen angegeben.

Die dritte, von Bodnár und Terényi[2]) empfohlene Methode stützt sich auf Angaben von Willm[3]), wonach in verdünnter $H_2SO_4$ gelöste Thalloverbindungen in Gegenwart von HCl vermittels $KMnO_4$ in der Hitze in $TlCl_3$ übergeführt werden:

$$2\,KMnO_4 + 16\,HCl = 2\,KCl + 2\,MnCl_2 + 5\,Cl_2 + 8\,H_2O$$

$$5\,TlCl + 5\,Cl_2 = 5\,TlCl_3.$$

$$1\text{ ccm n/10 }KMnO_4 = 10{,}2\text{ mg Tl} = 12{,}59\text{ mg }Tl_2SO_4.$$

Bodnár fand, daß allzuviel HCl nicht vorhanden sein darf, da sonst von der HCl in der heißen Lösung etwas $KMnO_4$ verbraucht wird. Zur Titrierung einer verdünnten, schwefelsauren Lösung von 50—70 ccm, die ungefähr 50—100 mg Thallium enthält, sind 2—3 ccm einer 10%igen HCl nötig.

Für die Untersuchung von Zeliopräparaten geben Bodnár und Terényi folgende Vorschrift: 10 g Zelioweizen oder 7,5 g Paste (diese zunächst eintrocknen, zerdrücken und mit einigen Tropfen $H_2SO_4$ versetzen) werden in einer flachen Porzellanschale von 8 cm Durchmesser verkohlt (nicht verascht). Während der Verkohlung wird die zusammengesinterte Masse mit einem Glasstab wiederholt zerdrückt. Die Verkohlung der Körner benötigt 1—1½, die der Pasten etwa 2—2½ Stunden. Aus der zu Pulver zerdrückten, vollkommen verkohlten Substanz wird mit heißer 10—15%iger Schwefelsäure das Thalliumsulfat herausgelöst. Die von der Kohle abfiltrierte Lösung ist, falls die Verkohlung vollkommen war, ganz wasserklar. Die Lösung wird mit einigen Tropfen schwefliger Säure zwecks Reduktion etwa vorhandenen Thallisulfats und 3 ccm 10%iger Salzsäure versetzt und einige Minuten lang gekocht. Zur heißen Lösung wird so lange n/10 $KMnO_4$-Lösung tropfenweise hinzugegeben, bis die Lösung mindestens 5 Min. lang schwach rosafarbig bleibt. Zur glatten Erkennung der Endreaktion ist wiederholtes Erhitzen der Lösung während der Titration zu empfehlen. 1 ccm 0,1 n $KMnO_4$ = 12,04 mg $Tl_2SO_4$. Da bei der Verkohlung der organischen Substanz ein kleiner Verlust an Thallium (etwa 4%) eintritt, müssen bei der Untersuchung der Zeliopräparate 4% des gefundenen $Tl_2SO_4$ hinzugerechnet werden.

Weitere Verfahren zur Thalliumbestimmung auf Grund der Reaktionen

$$TlNO_3 + 2\,AgCl + 3\,NaOH = Tl(OH)_3 + 2\,NaCl + NaNO_3 + 2\,Ag$$

und

$$TlNO_3 + J_2 + 3\,NaOH = Tl(OH)_3 + NaNO_3 + 2\,NaJ$$

beschreibt Troitzki.[4])

Kleinste Mengen Thallium lassen sich mit einem $ZrOCl_2$ und Na-Alizarin-monosulfonat enthaltenden Reagens bestimmen.[5]) Mengen von 5—200 γ in Gegenwart von 1 g anderer Metallsalze bestimmt Haddock[6]) kolorimetrisch mit Dithizon.

## Eisenvitriol

Eisenvitriol wird durch feuchte Lagerung infolge Oxydation entwertet. Seine Untersuchung läßt sich wie folgt durchführen: 50 ccm einer mit $H_2SO_4$ angesäuerten und auf 1 l aufgefüllten wässerigen Lösung von 10 g Substanz in einem mit $CO_2$ gefüllten Kolben versetzt man mit 6—8 ccm Mangansulfatlösung, verdünnt mit ausgekochtem Wasser auf etwa

[1]) Moser, L., Brukl, A., u. Kosseck, L., Monatsh. f. Chem. **47**, 1926, 709—725.

[2]) Bodnár, J., u. Terényi, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **69**, 1926, 29.

[3]) Willm, E., Ztschr. f. analyt. Chem. **2**, 1863, 370.

[4]) Troitzki, M. W., Ref. Chem. Ztrbl. 1933, I, 1483, 1484.

[5]) Analyst **59**, 1934, 378; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3293. Siehe ferner Lepper, W., Z. f. analyt. Ch. **79**, 1929, 321.

[6]) Haddock, L. A., Analyst **60**, 1935, 394—99; Chem. Ztrbl. 1935, II, 3134.

500 ccm und titriert in der Kälte mit n/10 $KMnO_4$-Lösung (1 ccm = 0,005584 g $Fe^{II}$). Die Mangansulfatlösung erhält man durch Lösen von 67 g Mangansulfat ($MnSO_4 + 4 H_2O$) in 600 ccm $H_2O$, Hinzufügen von 138 ccm Phosphorsäure (D = 1,7) sowie 130 ccm $H_2SO_4$ (D = 1,82) und Auffüllen auf 1 l. Das vorhandene Ferrisalz findet man durch Bestimmung des Gesamteisengehaltes: Neutralisieren der Eisensalzlösung mit $Na_2CO_3$, Hinzufügen von überschüssiger schwefliger Säure, Kochen der Lösung bis zum vollständigen Vertreiben des überschüssigen $SO_2$ unter gleichzeitigem Durchleiten von $CO_2$ und Titration in der Kälte mit n/10 $KMnO_4$ nach Ansäuerung mit Mangansulfatlösung und Verdünnen wie angegeben.

Über die Titration von Eisensalzen mit Titanochlorid s. Treadwell, F. P., Quantitative Analyse. 6. Aufl., 1913, 594.

## Kalk

Branntkalk läßt sich nach Lunge-Berl[1]) wie folgt auf CaO und $CaCO_3$ untersuchen: Man löscht 100 g, verdünnt die Kalkmilch auf 500 ccm, pipettiert unter Umschütteln 100 ccm ab, füllt diese auf 500 ccm auf und titriert 25 ccm davon langsam und unter Umschütteln mit n/HCl (Indikator Phenolphthalein) bis zum Verschwinden der Rosafärbung. Bei diesem Punkte ist der Kalk neutralisiert, $CaCO_3$ aber noch nicht angegriffen. 1 ccm n/HCl = 0,02804 g CaO. Der Verband der Lederchemiker in U. S. A. führt diese Titration bei der Untersuchung von Brannt- und Löschkalk wie folgt aus: Eine Mischung von 1,4 g sehr fein gepulverte Substanz mit 150 ccm heißem Wasser wird im bedeckten 250 ccm Becherglas bis zum Kochen erhitzt und 3 Min. gekocht. Nach dem Abkühlen titriert man nach Zugabe von 2 Tropfen Phenolphtalein mit n/1 HCl anfangs sehr schnell, später etwas langsamer unter heftigem Umschütteln, bis die Lösung 1—2 Sek. lang farblos bleibt. Die Titration wird mit neuen 1,4 g in einem 500 ccm Meßkolben wiederholt, wobei zunächst die anfangs verbrauchten ccm n/1 HCl weniger 5 ccm zugefügt werden (ccm = A). Wenige Teilchen am Boden des Kolbens werden mit einem abgeplatteten Glasstab zerdrückt. Man füllt zur Marke auf, schüttelt 5 Min. lang und läßt 30 Min. stehen. Darauf werden ohne Filtration 100 ccm der Flüssigkeit mit n/2 HCl (Indikator Phenolphtalein) zu Ende titriert (ccm = B). Der Prozentgehalt von vorhandenem CaO = 2A + 5B.[2]) Zur Bestimmung von $CaCO_3$ löst man eine gewogene Menge in n/1 HCl und titriert den Überschuß mit n/1 NaOH (Indikator Methylorange) zurück. $CaCO_3$ erhält man durch Abziehen des zuerst gefundenen CaO vom Titrationswert. Für ganz genaue Bestimmungen setzt man die $CO_2$ durch HCl in Freiheit und bestimmt sie gasvolumetrisch[3]) oder durch Auffangen in Absorptionsgeräten.

Die Titration von $Ca(OH)_2$ und $Mg(OH)_2$ in Löschkalk läßt sich wie folgt durchführen: Man löst in einem 250 ccm Schott-Meßkolben 0,75 g der Probe in 25 ccm n/HCl und titriert mit n/2 NaOH zurück (Indikator Phenolphthalein), indem man vor dem Ende der Titration zwecks Vertreibung von $CO_2$ aufkocht. Die neutrale Lösung wird zum Sieden erhitzt, mit 10 ccm Essigsäure und 25 ccm konzentriertem $NH_3$ versetzt und nochmals aufgekocht. Darauf gibt man langsam 50 ccm n/2 Oxalsäure hinzu, füllt bis zur Marke auf und filtriert nach öfterem Umschütteln in etwa 5 Min. ab. In 100 ccm des Filtrates wird die Oxalsäure nach Zugabe von Schwefelsäure und etwas Mangansulfat wie üblich mit n/10 $KMnO_4$ titriert. Die Differenz aus 50 ccm n/2 Oxalsäure und der im gesamten Filtrat ermittelten Menge n/2 Oxalsäure, mit 0,0185 multipliziert, ergibt das vorhandene $Ca(OH)_2$, die Differenz aus dem anfänglich auf $Ca(OH)_2$ berechneten Titrationswert und den ermittelten $Ca(OH)_2$, multipliziert mit 0,788 das vorhandene $Mg(OH)_2$. Bei Gegenwart von Karbonaten ist das Ergebnis entsprechend zu berichtigen. In ähnlicher Weise läßt sich auch Branntkalk auf CaO und MgO untersuchen.[4]) Ein anderes Verfahren (nach Newberry) siehe Lunge-Berl.[5]) Hornke[6]) gibt für die Bestimmung von CaO und MgO im Kalk folgendes titrimetrische

[1]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 7. Aufl. 1921, I, 977.

[2]) Concrete, **10**, 1917, 25; J. Am. Leather Chem. Assoc., **16**, 1921, 438; Chem. Met. Eng., **25**, 1921, 740.

[3]) Lunge, G., und Rittener, A., Ztschr. f. angew. Ch. **19**, 1906, 1849.

[4]) Vgl. Lunge-Berl, 7. Aufl. 1922, II, 782.

[5]) Ebd. 7. Aufl. 1922, II, 780.

[6]) Hornke, Tonindustrie-Ztg. **61**, 1937, 311.

Schnellverfahren an: 1,0 g Kalk wird mit Wasser und Salzsäure bis zur vollkommenen Zersetzung erwärmt. Nach Zugabe einiger Tropfen $H_2O_2$ erhitzt man zum Sieden, fügt $NH_3$ im schwachen Überschuß zu, filtriert und wäscht mit 2%iger $NH_4Cl$-Lösung nach. Bei großen Magnesiamengen ist der Niederschlag nochmals in HCl zu lösen und die Fällung zu wiederholen. Das bzw. die vereinigten Filtrate werden auf 500 ccm verdünnt. 100 ccm davon erhitzt man zum Sieden, gibt 1 ccm $NH_3$ und 25 ccm 4%ige Ammonoxalatlösung (ein großer Überschuß von $C_2O_4(NH_4)_2$ beeinträchtigt die nachfolgende Fällung des MgO.[1]) hinzu, läßt 2 Min. kochen und 15 Min. in der Wärme stehen, filtriert und wäscht aus. Niederschlag und Filter werden in Wasser suspendiert und nach starkem Ansäuern mit $H_2SO_4$ und Erwärmen auf 70° wie üblich mit Permanganatlösung titriert. Das Filter stört bei der Titration nicht. 1 ccm n/10 $KMnO_4$ = 0,0028063 g CaO. Das Filtrat der Kalkfällung erhitzt man in einem 200 ccm fassenden Erlenmeyerkolben mit Schliffstopfen zum Sieden, gibt 1 ccm 20%iger $NH_3$-Lösung und 2 ccm 10%ige $Na_2HPO_4$-Lösung hinzu. Nach Umschütteln und 5 Min. langem Stehen wird sofort abgekühlt und 20 Min. lang kräftig geschüttelt. Der Niederschlag wird abfiltriert, mit 10%igem $NH_3$ gewaschen und samt Filter in dem Fällungskolben in etwa 50 ccm $H_2O$ suspendiert. Den Niederschlag löst man nach Zugabe von Methylorange in gestellter HCl, wobei man einige Zeit umschütteln muß und titriert mit Natronlauge zurück. 1 ccm n/10 HCl = 0,002015 g MgO. Entfernung geringer Mengen dem Filter und Niederschlag anhaftendem $NH_3$ gibt Hornke nicht besonders an. Das Filter kann natürlich erst nach vollständigem Verdunsten des $NH_3$ weiterverarbeitet werden. Nach Raschig, F.[2]), kann man das $MgNH_4PO_4$ auf dem Filter unbedenklich mit einigen Kubikzentimeter $H_2O$ zur Entfernung von $NH_3$ behandeln. Hundeshagen[3]) nimmt dafür wenig Alkohol; er benutzt des deutlicheren Umschlages wegen Cochenilletinktur als Indikator. Hebebrand[4]) fand reine Carminsäure (0,5 g in 100 ccm Alkohol) noch geeigneter.

Die Menge des im Löschkalk vorhandenen Wassers wird durch anfänglich gelindes, späteres Erhitzen bis zur starken Rotglut von 1 g im Platintiegel ermittelt. Der Gewichtsverlust ist Wasser + $CO_2$. Die Menge des im Löschkalk außer $Ca(OH)_2$ vorhandenen Wassers läßt sich nach einem Verfahren der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron im Nitrometer vermittels Kalziumkarbid bestimmen.[5])

Über vollständige Analysen der Kalkarten, Glühverlust, Grubenfeuchtigkeit, Unaufgeschlossenes (Ton und Sand), Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, Sulfide siehe Lunge-Berl.[6])

## Arsen

### Allgemeine Methoden

Für die Bestimmung des Arsens in Pflanzenschutzmitteln benutzt man hauptsächlich Arsendestillationsmethoden, bei denen das Arsen in Form flüchtigen Arsentrichlorids von allen übrigen Bestandteilen der Präparate getrennt wird. Bei Gegenwart von Antimon und Zinn darf die Temperatur der siedenden Lösung 110° nicht übersteigen, da sonst etwas Sb und Sn mit übergehen können.[7])

Für Schweinfurtergrün, Bleiarsenat, Kalziumarsenat, Magnesiumarsenat, Zinkarsenat und andere Arsenpräparate, *die Nitrate oder störende organische Verbindungen nicht enthalten*, eignet sich folgende auf Angaben von Heiduschka und Reuß[8]) sich stützende einfache und zuverlässige Methode. Die Substanz, die nicht mehr als 0,2 g Arsen enthalten soll, wird mit ungefähr 8 g Ferrosulfat ($FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$) und 100 ccm reiner Salzsäure (spez. Gew. 1,19) in einen

[1]) Babkin, M. P., und Tschuiko, W. T., Chem. Ztrbl. II, 2039.
[2]) Raschig, F., Z. f. angew. Ch. **18**, 1905, 374.
[3]) Hundeshagen, Chem. Ztg. **18**, 1894, 445.
[4]) Hebebrand, Ztschr. f. analyt. Ch. **37**, 1898, 217.
[5]) Lunge-Berl, 7. Aufl. 1921, I, 977.
[6]) Lunge-Berl, 7. Aufl. 1922, II, 785—792.
[7]) Lunge-Berl, 7. Aufl., II, 448; Röhre, J., Z. f. analyt. Ch. **65**, 1924/25, 124; Moser, L., und Perjatel, F., Monatshefte f. Chem. **33**, 1912, 797; vgl. Z. f. analyt. Ch. **52**, 1913, 314.
[8]) Heiduschka, A., u. Reuß, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **50**, 1911, 269.

200 ccm fassenden Rundkolben gegeben. Unmittelbar darauf wird auf den Kolben ein wie bei der Kjeldahlschen Stickstoffbestimmung üblicher Kugelaufsatz mit angeschmolzenem, etwa 75 cm langem, 20 cm vom Ende im stumpfen Winkel umgebogenem Glasrohr von 8 mm lichter Weite aufgesetzt. Das hintere Rohrende, das unter der Biegung kugelförmig oder besser noch zylindrisch zwecks Auffangen etwa zurücksteigender Flüssigkeit aus der Vorlage während der Destillation erweitert ist, geht durch einen doppelt durchbohrten Stopfen bis fast auf den Boden eines Erlenmeyerkolbens von etwa 700 ccm Inhalt. Die andere Stopfenöffnung dient zur Aufnahme eines kleinen, mit Glaswolle gefüllten Péligotrohres. Der Erlenmeyerkolben sowie das Péligotrohr werden mit insgesamt etwa 250 ccm wässeriger Natronlauge, die ungefähr 45 g NaOH enthält, beschickt. Den Kolben kuhlt man mit Eiswasser oder auch in lebhaft fließendem Leitungswasser. Man destilliert über freier Flamme etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Salzsäure über. Darauf wird der Aufsatz vom Destillationshalter gelöst, wobei man darauf achten muß, daß das Destillat nicht zurücksteigt. Nach dem Erkalten des Destillates öffnet man den Erlenmeyerkolben, spült den Inhalt des Péligotrohres hinein und füllt auf 1 l auf. 200 ccm davon werden nach Ansäuern mit Salzsäure bis zur schwach salzsauren Reaktion und Zugabe von Natriumbikarbonat bis zum Überschuß von 4—5 g mit n/10 Jodlösung unter Zugabe von Stärkelösung titriert. 1 ccm n/10 Jodlösung = 0,00495 g $As_2O_3$ und 0,00575 g $As_2O_5$. Zur Kontrolle, ob alles Arsen übergegangen ist, kann der Destillationsrückstand nochmals mit 3 g Ferrosulfat und 40 ccm konzentrierter Salzsäure versetzt und die Salzsäure (40 ccm) in neue Natronlauge mit einem Gehalt von etwa 20 g NaOH überdestilliert werden. Bei Anwendung starker Salzsäure (spez. Gew. 1,19) geht das gesamte Arsen stets bei der ersten Destillation über.

Die Association of Official Agricultural Chemists der USA. verwendet für oben genannte Mittel nachstehendes Verfahren:

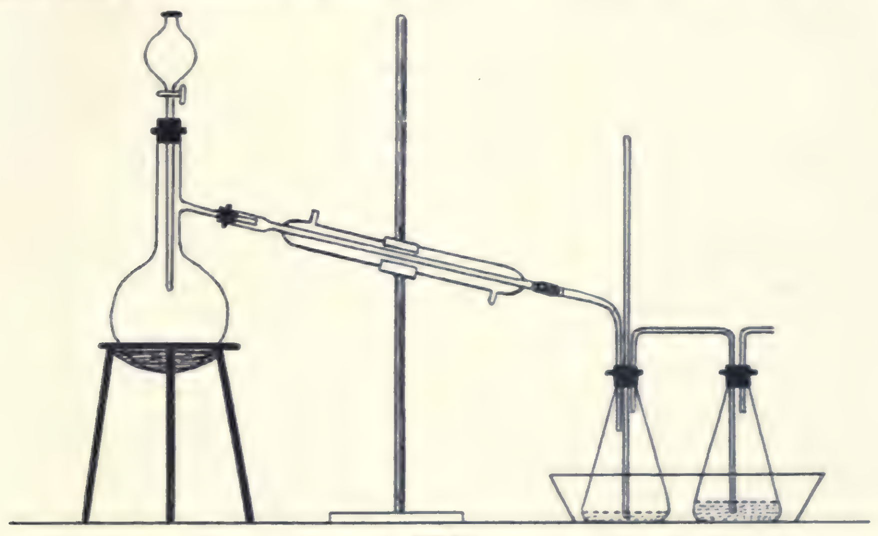


Abb. 63.

Der Destillationskolben und die beiden Vorlagen fassen je 500 ccm. Die Vorlagen werden mit fließendem Wasser oder mit Eiswasser gekühlt. Nachdem der Destillationskolben mit der zu untersuchenden Substanz, die nicht mehr als 0,4 g As enthalten soll, mit 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) und 5 g Cuprochlorid beschickt ist, destilliert man etwa 60 ccm ab, fügt vermittels des Tropftrichters weitere 50 ccm Salzsäure hinzu und setzt die Destillation unter den gleichen Bedingungen fort. Die Zugabe von je 50 ccm Salzsäure und die Destillation werden so lange fortgesetzt, bis insgesamt 200 ccm Säure übergegangen sind. Nach dem Abspritzen des Kühlerrohres und der Verbindungsstücke wird der Inhalt der Vorlagen vereinigt auf 1 l aufgefüllt. 200 ccm der Lösung neutralisiert man unter Kühlung mit Natronlauge (Indikator Phenophthalein), versetzt wieder mit einigen Tropfen Salzsäure bis zur

deutlich sauren Reaktion und gibt Natriumbikarbonat im Überschuß von 4—5 g hinzu. Darauf wird mit n/20 Jodlösung titriert (Indikator Stärkelösung). 1 ccm = 0,0025 g $As_2O_3$. Man kann auch 200 ccm des aufgefüllten Destillates mit Natriumbromatlösung ($NaBrO_3$) titrieren. Die Flüssigkeit wird hierzu auf 90° erhitzt und mit gegen n/10 arsenigsaure Lösung gestellter n/20 Bromatlösung (1,26 g $NaBrO_3$ je Liter) titriert. Als Indikator fügt man 5 Tropfen Methylorangelösung (1 g Methylorange in 1 l $H_2O$) erst gegen Ende der Titration hinzu. Die Bromatlösung wird zuletzt sehr langsam zugegeben. Übertitrierte Lösungen lassen sich mit n/10 Arsenigsäurelösung zurücktitrieren.

Terényi und Paskuj[1]) destillieren aus 0,1—2 g (je nach der Menge des vorhandenen Arsens, die zwischen 10—120 mg schwanken kann) von Pflanzenschutzmitteln ohne organische Substanz unter Zugabe von 5 g $FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$, 2 g KBr und 50 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) das Arsen mit den ersten übergehenden 25 ccm Säure unter Benutzung eines mit 100 ccm Wasser beschickten Adsorptionskolbens nach Fresenius-Volhardt als Vorlage ab. Das abdestillierte $As^{III}$ wird nach der Bromatmethode titriert.

Destillationsmethoden, bei denen Hydrazinsalze als Reduktionsmittel Verwendung finden und Nitrate nicht stören sollen.

Die Substanz, die nicht mehr als 0,4 g As enthalten soll, wird im Destillationskolben (Apparat S. 587) mit 50 ccm Hydrazinsulfat-Natriumbromidlösung (Auflösung von 20 g Hydrazinsulfat und 20 g Natriumbromid in Salzsäure spez. Gew. 1,040) versetzt. Man verschließt den Kolben mit einem mit Tropftrichter versehenen Aufsatz, verbindet ihn mit dem Kühler des Apparates und erhitzt 2—3 Min. bis zum Kochen. Darauf fügt man durch den Tropftrichter 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) hinzu, destilliert bis auf 40 ccm Kolbeninhalt in die Vorlagen ab, gibt nochmals 50 ccm starke Salzsäure hinzu und destilliert weitere 50 ccm ab. Nach dem Abspülen des Kühlrohrs wird das Destillat in den Vorlagen auf 1 l aufgefüllt, in 200 ccm davon die arsenige Säure nach Zugabe von Bikarbonat (s. S. 588 oben) mit n/20 Jodlösung titriert. Man kann auch 200 ccm nach Zugabe von 10 ccm starker Salzsäure mit n/20 Bromatlösung (s. S. 588 oben) titrieren. Das 2—3 Min. lange Kochen der Flüssigkeit vor Zugabe der Salzsäure bezweckt die vollständige Reduktion der Arsenate und anderer oxydierender Stoffe, die sonst in stark salzsaurer Lösung aus Kaliumbromid Brom in Freiheit setzen können, das bei der Destillation mit übergehen und die Titration des Arsens im Filtrat unmöglich machen würde.[2]) Bei einer anderen Methode wird die Entwicklung des Broms dadurch vermieden, daß man die mit 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19), 3 g Hydrazinsulfat, 1 g Kaliumbromid und Siedesteinchen gemischte Substanz im Destillationskolben unter öfterem Umschütteln 15 Min. stehen läßt und erst darauf nur einmal innerhalb von 45—60 Min. bis auf 20 ccm Kolbeninhalt durch einen Liebigschen Kühler in 300 ccm Wasser destilliert. Das Kühlerrohrende muß von dem vorgelegten Wasser abgeschlossen sein und während des ersten Teiles der Destillation weit eintauchen. Das Vorlagegefäß soll mit durchlochtem Uhrglas bedeckt oder auch mit zweimal durchlochtem, ein kleines Péligotrohr mit Wasser tragendem Gummistöpsel geschlossen sein. Bei Beschickung des Destillationskolbens mit dem Analysengut, 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19), 3 g Hydrazinsulfat, 1 g Kaliumbromid und etwa 5 ccm 10%ige Hydrazinhydrochloridlösung kann die Destillation sofort vorgenommen werden, weil in diesem Falle das leicht lösliche stark reduzierende Hydrazindydrochlorid bereits zugegenist, das sich im anderen Falle aus dem schwerer löslichen Hydrazinsulfat erst bilden muß. Das teuere Hydrazinhydrochlorid stellt man sich in etwa 10%iger Lösung durch Umsetzung von Hydrazinsulfat mit etwas weniger als der berechneten Menge Bariumchlorid selbst her.

Nach Röhre[3]) reduziert der sich aus KBr bildende Bromwasserstoff $As^V$ zu $As^{III}$ unter Bildung von Brom, das zum Teil in das Destillat übergeht und die Titration des Arsens unmöglich macht. Nach Terényi und Paskuj[4]) geht Brom bei Gegenwart von $FeSO_4$ nicht mit über. Jedenfalls sind aber bei den KBr benutzenden Arsendestillationsmethoden die Vorschriften zur Erzielung richtiger Ergebnisse genau zu beachten.

---

[1]) Terenyi, A., und Paskuj, J., Ztschr. f. analyt. Chemie **84**, 1931, 11.
[2]) Methods of analysis of the Association of official agricultural Chemists 1925, 549.
[3]) Röhre, K., Ztschr. f. analyt. Chem. **65**, 1924/25, 109.
[4]) Terényi, A., und Paskuj, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **84**, 1931, 11 u. 12.

Bei arsenhaltigen Mitteln mit organischen Stoffen wird die Substanz mit etwa 20 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,52) und 10 ccm Schwefelsäure in schräg gestelltem 200-ccm-Rundkolben, gegebenenfalls unter wiederholter Zugabe von Salpetersäure, bis zur Zerstörung der organischen Substanz und darauffolgendem Vertreiben der überschüssigen Salpetersäure bis zum Auftreten dicker weißer Dämpfe erhitzt. Die gebildete Nitrosylschwefelsäure beseitigt man durch Zugabe von 25 ccm und nochmals 5 ccm kalt gesättigter Ammoniumoxalatlösung und Eindampfen nach jedem Zusatz bis zum Auftreten von Schwefelsäuredämpfen.[1]) Zu der kalten Schwefelsäure gibt man 8 g Ferrosulfat, kühlt ab und verbindet den Rundkolben mit dem S. 587 oben beschriebenen Destillationsapparat. Der das Destillationsrohr tragende, diesmal doppelt durchbohrte Gummistopfen trägt ferner einen 100 ccm fassenden Tropftrichter. Durch den Tropftrichter des fertig zusammengestellten Apparates läßt man langsam 100 ccm HCl (spez. Gew. 1,19) fließen. Die Flüssigkeiten müssen vorher zur Vermeidung allzu starker Reaktion und Zurücksteigens der vorgelegten Natronlauge gut, am besten mit Eiswasser gekühlt sein. Etwa sich zeigende Neigung der Natronlauge zum Zurücksteigen kann man durch schnelles Erwärmen des Kolbeninhaltes verhindern. Man destilliert über freier Flamme etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Salzsäure ab. Unmittelbar darauf wird der Hahn des Tropftrichters zwecks Verhinderung des Zurücksteigens der Vorlage geöffnet. In der Vorlage titriert man das Arsen wie S. 587 angegeben. Bei Gegenwart von Schwefelsäure darf die Destillation nicht bis zur Sirupdicke des Kolbeninhaltes fortgesetzt werden, weil sonst $SO_2$ sich bilden und mit übergehen kann. Die Benutzung dieses Verfahrens ist in den meisten Fällen angezeigt, weil die Präparate, auch die des Schweinfurtergrüns, Blei- und Kalziumarsenates fast stets organische Hilfs- und Farbstoffe enthalten, die die Analyse ohne deren Beseitigung stören können.

Die Ermittlung des Arsens in schwer angreifbaren organischen Mitteln ohne Destillation beschreiben Stollé und Fechtig.[2]) Eine Schnellmethode der Arsenbestimmung teilt Gibbon[3]) mit.

Für Pflanzenschutzmittel mit kleinem Arsengehalt geben Terényi und Paskuj[4]) eine Mikroarsenbestimmungsmethode an.

Selten unmittelbar für die Analyse von Pflanzenschutzmitteln, oft dagegen im Zusammenhang mit Fragen des chemischen Pflanzenschutzes ist der Nachweis und die Bestimmung sehr geringer Arsenmengen notwendig. Die hierfür geeigneten Verfahren lassen sich in drei Gruppen einteilen. Bei der einen wird As in fünfwertiger Form als Arsensäure, bei der anderen als $AsCl_3$, bei der dritten über $AsH_3$ abgetrennt und bestimmt.

Die klassische Methode von Marsh-Liebig der thermischen Zersetzung von $AsH_3$ unter Abscheidung von Arsenspiegeln ist besonders durch Lockemann[5]) so vervollkommnet worden, daß sie im Bereich von 0,1—10 $\gamma$ As als eine der zuverlässigsten Methoden gelten kann. Gangl und Sánchez[6]) umgehen die Unsicherheit im Abschätzen der As-Spiegel durch Auflösen des Spiegels in ClJ und Titration mit 0,001 n-KJ-Lösung.

Für Reihenbestimmungen ist die Marsh-Liebig-Methode zu umständlich. Hierfür eignet sich mehr das Gutzeit-Verfahren. Bei diesem werden die orangebraunen Färbungen, die $AsH_3$ auf $HgBr_2$-Papier erzeugt, schätzungsweise mit Eichfärbungen verglichen. Zu diesem Verfahren sind zahlreiche Ausführungsformen vorgeschlagen worden.[7]) Neuere Übersichten

---

[1]) Engelson, H., Ztschr. f. analyt. Chem. **61**, 1922, 432.

[2]) Stollé, R., und Fechtig, O., Ber. Dtsch. Pharm. Ges. **33**, 1923, 5—9; Chem. Ztrbl. 1923, II, 1137.

[3]) Gibbon, M. F. Analyst **58**, 1933, 469; Chem. Ztrbl. 1933, II, 2165.

[4]) Terényi, A., und Paskuj, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **84**, 1931, 435.

[5]) Lockemann, G., Z. f. angew. Chem. **48**, 1935, 199—203, 240; **49**, 1936, 252.

[6]) Gangl, S. u. Sánchez, S. V., Ztschr. f. analyt. Chem. **98**, 1934, 81.

[7]) Vgl. u. a. Sanger, C. R., and Black, O. F., J. Soc. chem. Ind. **26**, 1907, 1115; Beck, K., u. Merres, E., Arb. Kais. Gesundh.-Amt **50**, 1917, 38; Methods of analysis of the Ass. of Off. agr. Chem. 3. Aufl. 1930, S. 306; Deckert, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **88**, 1932, 7; The British Pharmacopoeia 1914, Ref. Z. anal. Ch. **58**, 1919, 568—76; Uhl, K., Angew. Chem. **50**, 1937, 164—65.

über die Entwicklung der Methode geben u. a. Mühlsteph[1]), Busquets[2]) und Crossley.[3]) Erfaßbar ist ein Bereich von etwa 0,1—30 $\gamma$ As, doch muß man selbst im optimalen Bezirk (15—20 $\gamma$) und bei genauester Arbeitsweise mit 7 % mittlerer Abweichung vom Durchschnitt zweier Bestimmungen rechnen. Manche Autoren[4]) finden wesentlich größere Schwankungen und lehnen die Methode als quantitatives Verfahren überhaupt ab. Verwendung von $AuCl_3$ statt $HgBr_2$ steigert die Empfindlichkeit wesentlich, damit aber auch die Gefahr, Hg aus den Reagentien mit zu erfassen.

Von Versuchen zu mikrotitrimetrischen As-Bestimmungen auf der Basis $AsH_3$ seien genannt die Oxydation des $AsH_3$ mit $HgCl_2$ zu $As_2O_5$ und jodometrische Titration dieser Säure, ferner die Abscheidung von Ag aus $AgNO_3$ und Rücktitration des unverbrauchten $AgNO_3$ mit Rhodanid nach Filtration des Ag, dann die direkte Titration des aus $AgNO_3$ gebildeten $As_2O_3$ mit 0,002 n-Jodlösung[5]), endlich die Umsetzung mit $HgCl_2$, Umsetzung des gebildeten HgCl mit gepufferter 0,005 n-Jodlösung ($p_H = 7$) und Rücktitration mit 0,005 n-Thiosulfat.[6]) Solche Titrationsverfahren sind aber ebenfalls mit erheblichen Fehlern (z. T. $\pm$ 10 %) behaftet und meist nur bis etwa 15 $\gamma$, nach Allcroft und Green allerdings bis 1 $\gamma$ brauchbar.

Bei manchen der vorstehend genannten Verfahren wird vor der $AsH_3$-Entwicklung eine Abtrennung des As als $AsCl_3$ durch Destillation vorgeschrieben. Eine direkte Titration des überdestillierten $AsCl_3$ nehmen Ramberg und Sjöström[7]) sowie Engleson[8]) in stark saurer Lösung mit $KBrO_3$-Lösung bei 30—40° (Indikator Methylorange) vor. Man kann so etwa 10—1000 $\gamma$ mit einem Fehler von 2$\gamma$ bestimmen. Die Titration ist jedoch recht mühselig.

Für As-Mikrobestimmungen auf der Basis $As_2O_5$ eignet sich sehr gut das kolorimetrische Verfahren nach Zinzadze[9]) mit Molybdänblau-Reagens. Burkhard und Wullhorst[10]) schlagen statt der Abtrennung des As als $As_2S_3$ die Destillation des Trichlorids vor. Sie oxydieren zu Arsensäure und messen die Mo-Blau-Färbungen im Absolutkolorimeter. Im Bereich 100—800 $\gamma$ wird hohe Analysengenauigkeit erreicht. Gut meßbar ist aber auch noch der Bereich von 10—100 $\gamma$ As.

Über den Nachweis und die Bestimmung des Arsens in gebeiztem Getreide vgl. die Angaben von Kühl und Czyzewsky[11]), in Holz Rütgerswerke[12]), in Wein Berg und Schmechel[13]), v. d. Heide und Hennig[14]), Schluty[15]), Burkhard und Wullhorst[16]) Lachele[17]), in Bodenerzeugnissen Deemer und Schricker (offizielle Methode in USA)[18]), in Tabakrauch Groß und Nelson[19]), in Spritzrückständen auf Früchten, Lendrich und Mayer[20]), und Schmechel.[21])

---

[1]) Mühlsteph, W., Z. anal. Chem. **104**, 1936, 333—44.

[2]) Busquets, C., An. Soc. españ. Fisica Quim. **34**, 1936, 557—79; Chem. Ztrbl. 1936, II. 1978.

[3]) Crossley, J. Soc. chem. Ind. 55. Trans., 1936, 272—76.

[4]) Z. B. Green, H. H., Report of the Dir. of Vet. Res., U. of South Afr. 1918, 539—50 (1919).

[5]) Allcroft u. Green, Biochem. J. **29**, 1935, 824—33.

[6]) Winterfeld, K., Dörle, E., u. Rauch, C., Arch. Pharm., 1935, 457—467.

[7]) Ramberg, L., Z. physiol. Chem. **114**, 1921, 262.

[8]) Engleson, H., Z. physiol. Chem. **111**, 1920, 201.

[9]) Zinzadze, S. R., Ztschr. f. Pflanzenernähr., Bodenkunde, Düngung A **16**, 1930, 129.

[10]) Burkhard, J., u. Wullhorst, B., Ztschr. f. Unters. Lebensm. **70**, 1925, 308—15.

[11]) Kühl, H., u. Czyzewsky, B., Z. ges. Getreide- u. Mühlenwes. **20**, 1933, 68; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3812.

[12]) Chem. Ztg. **56**, 1932, 731.

[13]) Berg, P., u. Schmechel, S. Chem. Ztg. **57**, 1933, 262.

[14]) v. d. Heide, C., u. Hennig, K., Ztschr. f. Unters. Lebensmittel **66**, 341.

[15]) Schluty, Chim. et. Ind. 31, Sond.-Nr. 4, 1934, 244—246; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2762.

[16]) Burkhard, J., u. Wullhorst, B., Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. **6**, 1934, 256; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2557.

[17]) Lachele, Ztschr. f. Unters. Lebensm. **70**, 1935, 308.

[18]) Deemer, R. B., u. Schricker, J. A., J. Ass. off. agric. Chemists **16**, 1933, 226.

[19]) Groß, C. R., u. Nelson, O. A., Am. J. publ. Health Nations Health **24**, 1934, 36; Chem. Ztrbl. 1934, II, 679.

[20]) Lendrich, K., u. Mayer, F., Ztschr. f. Unters. Lebensmittel **54**, 1927, 146.

[21]) Schmechel, S., Angew. Chem. **48**, 1935, 434.

## Besondere Methoden

### A. Schweinfurtergrün

*Feuchtigkeit.*

Man trocknet etwa 2 g bei 105—110° bis zum konstanten Gewicht und stellt den Gewichtsverlust fest.

*Gesamtarsen,*

wird nach der auf S. 589 oben angegebenen Methode bestimmt.

*Arsenige Säure und Arsensäure.*

Während bei der Bestimmung des Gesamtarsens im Schweinfurtergrün vorhandene geringe Mengen Arsenat mit erfaßt werden, bleiben diese bei den folgenden Methoden unberücksichtigt. Die Differenz zwischen Gesamtarsen und dem wie folgt ermittelten dreiwertigen Arsen ergibt also die vorhandene Menge fünfwertiges Arsen.

1.[1]) 1,5 g Substanz werden in einem 250-ccm-Meßkolben in 100 ccm verdünnter Salzsäure (1 HCl 1,19 + 4 $H_2O$) nicht über 90° (wegen sonstiger Verflüchtigungen von $AsCl_3$) bis zur vollständigen Lösung erhitzt. Von der abgekühlten, auf 250 ccm aufgefüllten Lösung werden 50 ccm nach Zugabe von 10 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) auf 90° erhitzt und mit n/20 Natriumbromatlösung titriert.

2.[2]) 0,3 g Substanz werden mit 10—15 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 $H_2SO_4$ + 4 $H_2O$) und etwa 100 ccm Wasser bis zur vollständigen Lösung erhitzt. Nach dem Abkühlen versetzt man mit Natriumbikarbonat im Überschuß von 4—5 g, fügt Ammoniumchloridlösung bis zur Auflösung des gefällten Kupfers hinzu und titriert nach weiterem Verdünnen der Flüssigkeit mit n/20 Jodlösung (Indikator Stärkelösung). Daneben wird ein blinder Versuch mit der dem Kupfer des angewandten Schweinfurtergrüns entsprechenden Menge Kupfersulfat bei Benutzung gleicher Flüssigkeitsmengen ausgeführt und die dabei verbrauchte Menge Jod von dem bei dem Hauptversuch festgestellten Jod abgezogen. Eisen-, dreiwertige Antimon- und andere Kupfersalze dürfen nicht zugegen sein.

3. Amtliche holländische Methode. 1 g Substanz wird in 50—100 ccm n/2 Salzsäure bei gelinder Wärme gelöst. Die mit kalt gesättigter Natriumazetatlösung versetzte Flüssigkeit hält man ½ Stunde im Kochen, gibt darauf 3 %ige Seignettesalzlösung (15 g + 450 ccm $H_2O$) und Natriumbikarbonatpulver im Überschuß hinzu, füllt auf 500 ccm auf und filtriert. 20 ccm Filtrat werden nach Zugabe von 3 ccm Jodzinkstärkelösung (D. A. B. **6**, 765), etwas Seignettesalzlösung und 250 ccm Wasser mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm n/50 Jodlösung = 2,474 % $As_2O_3$.

4. Zur Bestimmung des $As^{III}$ in Schweinfurtergrünen und ähnlichen Pflanzenschutzmitteln löst Fester[3]) die Probe unter Erwärmen in HCl, verdünnt ohne Filtration stark mit Wasser und fügt $(NH_4)_2CO_3$-Lösung bis zur Wiederauflösung des anfangs entstehenden Cu-haltigen Niederschlages hinzu. Darauf titriert er mit n/10 Jod, bis die blaue Färbung der Lösung in Grün übergeht.

Schweinfurtergrün kann nach Köszegi und Gerö[4]) auf Cu und As bequem und schnell untersucht werden, indem man die Substanz mit überschüssiger Kalilauge kocht, wobei As als Alkaliarsenit oder Meta-arsenit in Lösung geht. $Cu^{II}$ wird durch Arsenit zu $Cu^{I}$ reduziert und fällt als $Cu_2O$ aus. Im Filtrat finden sich Arsenit und die dem Cu äquivalente Menge Arsenat. Man titriert $Cu_2O$ vermittels gestellter $Fe_2(SO_4)_3$- und $KMnO_4$-Lösungen und $As^{III}$ jodometrisch und berechnet daraus die Gesamt-As-Menge.

*Wasserlösliche arsenige Säure* (Hydrolysenwert).

1. Abgeänderte amtliche amerikanische Methode. 1 g der Probe wird in 1 l frisch ausgekochtem, auf 32° C abgekühltem destilliertem Wasser verteilt. Als Gefäß hierfür dient ein Schottscher 2-l-Erlenmeyerkolben, dessen Größenverhältnis der von der Prüfungskommission der Fachgruppe für chemisches Apparatewesen aufgestellten Norm entspricht: ganze Höhe

[1]) J. Assoc. Official Agr. Chemists **5**, 1921, 34.

[2]) J. Ind. Eng. Chem. J., 1909, 208; I. Assoc. Official Agr. Chemists. **3**, 1917, 158.

[3]) Fester, G., Ztschr. f. angew. Chem. **42**, 1929, 1040.

[4]) Köszegi D., u. Gerö, St., Chem. Ztg. **51**, 1927, 303.

280 mm, größter Durchmesser 155 mm, Halslänge 50 mm, äußerer Halsdurchmesser 40 mm.[1]) Die Suspension wird unmittelbar nach der Herstellung bei geschlossenem Kolben 2 Min. lang geschüttelt und 24 Stunden in einem Thermostaten bei 32° C stehengelassen. In den ersten 8 Stunden wird achtmal je $\frac{1}{2}$ Min. lang in Abständen von je 1 Stunde und nach 24 Stunden nochmals $\frac{1}{2}$ Min. geschüttelt. Unmittelbar darauf wird filtriert und in 200 ccm des vollständig klaren Filtrates nach Zugabe von 4—5 g Natriumbikarbonat und etwas Stärkelösung der Gehalt an arseniger Säure durch Titration mit n/20 Jodlösung bestimmt. Mit den gleichen Reagenzien ist bei gleichen Flüssigkeitsmengen ein blinder Versuch anzustellen und die dabei verbrauchte Jodlösung von dem ersten Titrationswert abzuziehen. 1 ccm n/20 Jodlösung entspricht 0,002474 g $As_2O_3$. Wegen der Möglichkeit der Störung der Titration durch organische Beistoffe des Schweinfurtergrünes ist es sicherer, 200 ccm Filtrat zunächst mit 10 ccm $H_2SO_4$ und 20 ccm $HNO_3$ (spez. Gew. 1,52) zu versetzen, einzudampfen und weiter, wie S. 589 oben beschrieben, zu verfahren.[2]) Abänderungen der Arbeitsweise schlagen Hengl und Reckendorfer vor.[3]) Bei Ausführung des Verfahrens bei gewöhnlicher Temperatur erhält man etwa ein Viertel bis ein Drittel niedrigere Werte.

2. Amtliche holländische Methode. In sechs gut ausgedämpften und getrockneten Stöpselflaschen werden je 1 g Substanz und je 100 ccm kohlensäurefreies destilliertes Wasser von 45° gegeben, die mit etwas Paraffin und Gummikappen abgedichteten Flaschen rotiert man in einem um seine Längsachse beweglichen, zylindrischen Thermostaten bei ungefähr 30 bis 40 Umdrehungen in der Minute unter Wasser von 45°. Je zwei Flaschen werden nach 2, 6, 10 Stunden herausgenommen und je 50 ccm Filtrat nach Zugabe von Seignettesalzlösung (3%ig), Bikarbonat und Jodzinkstärkelösung mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm n/50 Jodlösung = 0,1979% $As_2O_3$. Es sollen in Lösung gehen nach 2 Stunden höchstens 0,8% $As_2O_3$, nach 6 Stunden 1,3% $As_2O_3$, nach 10 Stunden 1,8% $As_2O_3$.

3. Nach einer einfacheren amtlichen holländischen Methode wird eine Suspension von 5 g Substanz in 500 ccm kohlensäurefreiem, destilliertem Wasser 1 Stunde bei 27,5° rotiert. 100 ccm des Filtrates titriert man nach 2.

4. Die stufenweise Hydrolyse und damit die „Dauerhydrolysierbarkeit" des Schweinfurtergrüns läßt sich mit einem von Reckendorfer[4]) angegebenen Hydrolysierapparat bestimmen, der die manuelle Beihilfe des Schüttelns vollkommen ausschaltet. Von acht nach dieser und der Hilgendorffschen Methode (1) untersuchten Mustern ergab nur eines wesentliche Abweichung zwischen beiden Methoden. Einige Versuche wurden bis auf 16 Versuchsintervalle mit 384 Stundensummen ausgedehnt.

Während die vorstehenden Verfahren anfänglich vorhandene und durch Hydrolyse entstandene arsenige Säure angeben, läßt sich die erste als sog. *Natriumazetatlösliche arsenige Säure* bestimmen.[5]) Eine Aufschwemmung von 1 g Substanz in 25 ccm Natriumazetatlösung (50% $CH_3COONa + 3\,H_2O$ enthaltend) wird 5 Min. in einem 100-ccm-Meßkolben im Kochen gehalten und nach Verdünnen bis zur Marke durch ein trockenes Filter gegossen. Einen Teil des Filtrates titriert man nach dem Versetzen mit Natriumbikarbonat im Überschuß von etwa 4—5 g wie üblich mit n/20 Jodlösung. Brémond[6]) verwendet hierbei 1,25%ige Natriumazetatlösung. Weiteres siehe Avery und Beans, sowie Haywood.[7])

*Kupfer.*

1. Titrimetrisch: 0,5 g Schweinfurtergrün werden im 300-ccm-Erlenmeyerkolben mit etwa 25 ccm $H_2O$ und 5 ccm Eisessig versetzt. Zur Oxydation der vorhandenen $As_2O_3$ wird so viel Bromwasser hinzugefügt, daß die Lösung deutlich gelbbraun ist. Man erwärmt, wobei sich

[1]) Fester, G., Ztschr. f. angew. Chem. **35**, 1922, 151.

[2]) Hilgendorff, G., Ztschr. f. angew. Chem. **43**, 1930, 648.

[3]) Hengl F., u. Reckendorfer, P., Fortschritte der Landwirtschaft Wien, 1927, II, 686.

[4]) Reckendorfer, P., Gartenbauwiss. **5**, 1931, 91—106.

[5]) J. Am. Chem. Soc. **23**, 1900, 115.

[6]) Brémond, H. M. L. Bull. Soc. Pharmac. Bordeaux **66**, 1928, 226; Chem. Ztrbl. 1929, I, 2085.

[7]) Haywood, J. K., J. Am. Chem. Soc. **23**, 1901, 485 u. **25**, 1903, 963, 1096; Chem. Ztrbl. 1901, II, 659; 1903, II, 1256 u. 1473.

alles Grün glatt löst. Nach Verkochen des Broms wird nach Abkühlen die Lösung mit 15 ccm 20 %iger Kaliumjodidlösung versetzt, auf 100 ccm verdünnt und sofort mit n/10 Thiosulfatlösung das ausgeschiedene Jod titriert, bis die Lösung nur noch gelblich ist. Nach Zusatz von Stärke wird dann bis zum Umschlag in hellgelb titriert. Eine allmählich wieder eintretende Bläuung wird nicht berücksichtigt. 1 ccm n/10 Thiosulfatlösung entspricht 0,007945 g CuO.

Solotuchin[1]) schlägt zur Schnellbestimmung die Übersättigung des Schweinfurtergrün mit $NH_3$ und Titration des Ammoniakates mit KCN vor.

2. Gewichtsanalytisch: Eine in der Wärme bereitete Lösung von 0,5 g Schweinfurtergrün in 10 ccm 10 %iger Salzsäure wird auf etwa 150 ccm verdünnt und nach der Rhodanmethode (siehe Cu) weiter behandelt.

*Essigsäure.*

5 g Schweinfurtergrün werden in einem 200-ccm-Destillationskolben mit 40 ccm $H_2O$ und 10 ccm konzentrierter Schwefelsäure gekocht und das Volumen durch dauerndes Zutropfenlassen von Wasser auf 40 ccm gehalten. Um ein Überreißen von Schwefelsäure zu vermeiden, ist das aus dem Kolben abgehende etwa 7 mm weite Rohr zuerst im Winkel von 135° aufwärts gebogen, um dann durch weitere Biegung in dem schräg abwärts liegenden Liebig-Kühler zu enden. Im Laufe von 1 Stunde werden etwa 200 ccm abdestilliert, die dann mit n/2 KOH und Phenolphthalein titriert werden. 1 ccm n/2 KOH entspricht 0,03 g Essigsäure.

*Feinheitsgrad.*

Für die Beurteilung des Schweinfurtergrüns für den Pflanzenschutz ist neben der chemischen Prüfung die Untersuchung der physikalischen Beschaffenheit insbesondere des Feinheitsgrades der Präparate notwendig. Als geeignete Apparate zur Ermittlung des Feinheitsgrades bzw. der Schwebefähigkeit des Schweinfurtergrüns sind von Hollrung das Mikroskop und das Sulfurimeter, von Trappmann[2]) der Zweischenkelflockungsmesser, von Mach und Lederle ein für Schwefelprüfung konstruierter Feinkörnigkeitsmesser[3]), von Hilgendorff[4]) ein Schüttgewichtsbestimmungsapparat, das sog. normale 4600-Maschensieb und der mit dem Sulfurimeter zu bestimmende Zeitwert, weiter von Hengl und Reckendorfer[5]) der Revolversedimentierapparat vorgeschlagen worden. Das Hengl- und Reckendorfersche Gerät und auch das von Mach und Lederle gestatten die Zerlegung der Proben in Gruppen verschiedener Feinkörnigkeit.

Über die Bestimmung des Feinheitsgrades von Schweinfurtergrün siehe auch Deshusses[6]).

Die Arbeitsweise mit dem Sulfurimeter gleicht der beim Schwefel angegebenen und ist dort (Kap. Schwefel und Sulfide S. 597) beschrieben.

Die übrigen Verfahren zur Bestimmung des Feinheitsgrades finden sich im Kap.: Die physikalischen Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel S. 565—567.

## B. Bleiarsenat

*Feuchtigkeit.*

a) Pulver: Siehe S. 591 Schweinfurtergrün.

b) Paste: 50 g werden vorgetrocknet und darauf bei 105—107° bis zum konstanten Gewicht getrocknet. Man pulverisiert die Substanz, trocknet davon eine kleine Menge 1—2 Stunden bei 105—107° und stellt den endgültigen Gewichtsverlust fest. Das trockene Material wird auch zur Bestimmung des Arsens und des Bleioxyds benutzt.

---

[1]) Solotuchin, W. K., Betriebs-Lab. 4, 1935, 111 (russ.); Chem. Ztrbl. 1936, I 2981.

[2]) Trappmann, W., Nachrichtenbl. f. d. D. P. D. 5, 1925, 66.

[3]) König, J., Untersuchung landw.-gewerbl. wichtiger Stoffe. 5. Aufl. II, Berlin, 1926, S. 880.

[4]) Hilgendorff, G., Nachrichtenbl. f. d. D. P. D. 7, 1927, 5; 10, 1930, 28.

[5]) Hengl, F., u. Reckendorfer, P., Fortschritte der Landwirtschaft 2, 1927, 686.

[6]) Deshusses, L. A., Mittl. a. d. Geb. d. Lebensm.-Unters. u. d. Hygiene 19, 1928, 360—366.

*Gesamtarsengehalt.*

1. Nach der Methode S. 589 oben bestimmbar.

2. Nach einer amtlichen amerikanischen Methode wird 1 g Substanz mit Salpetersäure und Schwefelsäure behandelt, wozu man sich zweckmäßig des Verfahrens S. 589 oben unter Anwendung von Ammoniumoxalat bedient. Die auf 200 ccm gebrachte Lösung filtriert man, nimmt 100 ccm des Filtrates, dampft nach Zugabe von 1 g KJ über dem Drahtnetz auf etwa 40 ccm ein, verdünnt nach dem Abkühlen auf ungefähr 200 ccm, versetzt tropfenweise mit 1,3%iger $Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$-Lösung bis zum genauen Verschwinden der Gelbfärbung ohne Benutzung von Stärkelösung, neutralisiert mit $NaHCO_3$, fügt 4—5 g davon im Überschuß hinzu, titriert mit 0,05 n-Jodlösung bis fast zum Verschwinden der Gelbfärbung und nach Zugabe von 5 ccm 1%iger Stärkelösung zu Ende. Der Verbrauch von 0,05 n-Jodlösung bei einem blinden Versuch wird von den gefundenen Kubikzentimetern abgezogen.

3. Amtliche holländische Methode. Eine in der Hitze bereitete Auflösung von 2 g Bleiarsenat in 60 ccm Salpetersäure (1 : 3) wird nach dem Abkühlen auf 500 ccm mit Wasser aufgefüllt und filtriert. 50 ccm des Filtrates werden nach Zugabe von 15 ccm $H_2SO_4$ (spez. Gew. 1,84) in einer Porzellanschale 10 Stunden lang auf dem Wasserbad erhitzt, nach Abkühlung mit 90 ccm $H_2O$ versetzt und darauf unter schnellem Rühren 6,2 ccm Jodkaliumlösung (1 : 1) hinzugefügt. Nach 15 Min. langem Stehen wird schnell mit 750 ccm Wasser verdünnt und Thiosulfatlösung bis zum Verschwinden der braunen Farbe zugegeben. Darauf gibt man 9 ccm Jodzinkstärkelösung hinzu und versetzt weiter langsam mit Thiosulfatlösung bis zur Farblosigkeit. Nach Zugabe von 50 ccm Kaliumkarbonatlösung (740 g ad 1000) und weiter von festem Natriumbikarbonat im Überschuß (bis die $CO_2$-Entwicklung aufgehört hat) wird mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm n/50 Jodlösung = 0,5759% $As_2O_5$. Arsenite sind als $AsAs_2O_5$ von dem gefundenen Wert abzuziehen.

*Arsenige Säure.*

1. Nach einer amtlichen amerikanischen Methode[1]) werden 2 g pulverisierte Substanz in einem 200-ccm-Meßkolben mit 100 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 : 6) versetzt. Die Flüssigkeit wird 30 Min. gekocht, abgekühlt und nach Auffüllung auf 200 ccm und Umschütteln filtriert. 100 ccm davon neutralisiert man mit Natriumhydroxyd (Indikator Phenolphthalein), versetzt wieder mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure bis zur deutlich sauren Reaktion, gibt Natriumbikarbonat im Überschuß von etwa 5 g hinzu und titriert mit n/20 Jodlösung. 1 ccm = 0,0025 g $As_2O_3$.

2. Nach einer amtlichen holländischen Methode wird 1 g Substanz mit 50—100 ccm n/2 Salzsäure langsam erwärmt. Dabei werden 100 ccm 30%ige Natriumazetatlösung hinzugegeben. Nach etwa $\frac{1}{2}$stündigem Kochen und darauf folgendem Abkühlen füllt man auf 500 ccm auf und titriert 20 ccm vollständig klares Filtrat nach Zugabe von etwas Seignettesalzlösung, Natriumbikarbonat, 3 ccm Jodzinkstärkelösung sowie etwa 250 ccm destilliertem Wasser mit n/50 Jodlösung. 1 ccm davon = 2,474% $As_2O_3$.

*Wasserlösliche Arsensäure* (einschließlich wasserlöslicher arseniger Säure).

1. Sie läßt sich durch einstündiges Schütteln einer Suspension von 4 g Bleiarsenat oder 8 g Paste in 400 ccm ausgekochtem destilliertem Wasser, Eindampfen von 200 ccm mit 20 ccm $HNO_3$ (spez. Gew. 1,52) und 10 ccm $H_2SO_4$ versetzten Filtrates in schräg gestelltem Kolben über freier Flamme bis zum fast vollständigen Verjagen des Wassers, Zugabe von weiteren 20 ccm $HNO_3$, Erhitzen bis zum Auftreten weißer Schwefelsäuredämpfe und weitere Verarbeitung nach S. 589 oben und 592 ermitteln. Das Gesamtfiltrat soll höchstens 0,5% $As_2O_5$, bezogen auf Bleiarsenat, enthalten.

2. Nach einer amtlichen amerikanischen Methode werden 2 g Pulver oder 4 g Paste zunächst genau wie Schweinfurtergrün (S. 591—592) behandelt. Von dem nach 24stündiger Behandlung erhaltenen klaren Filtrat versetzt man 250—500 ccm im Erlenmeyerkolben mit 3 ccm konzentrierter $H_2SO_4$, dampft auf dem Drahtnetz auf etwa 100 ccm und nach Zugabe von 1 g KJ weiter auf etwa 40 ccm ein und verfährt weiter nach der Angabe 2: Gesamtarsengehalt.

---

[1]) J. Assoc. Offic. Agr. Chem. 3, 1920, 332.

3. Holländische Methode. Eine Aufschwemmung von 5 g Substanz in 500 ccm frisch ausgekochtem destilliertem Wasser wird 1 Stunde bei 27,5° geschüttelt (Schüttelmaschine). 20 ccm des vollständig klarer Filtrates versetzt man mit 2 ccm Jodkaliumlösung (enthaltend 2 g KJ) und 10 ccm 50 %iger Schwefelsäure und läßt 15 Min. stehen. Zu der mit destilliertem Wasser auf etwa 250 ccm gebrachten Lösung gibt man 3 ccm Jodzinkstärkelösung und Seignettesalzlösung hinzu und darauf sofort n/50 Thiosulfatlösung bis zur Farblosigkeit. Nach Zugabe von 16 ccm Kaliumkarbonatlösung (740 g auf 1000 ccm Wasser) und Natriumbikarbonat im Überschuß wird mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm davon = 0,5759 % $As_2O_5$. Die etwa vorhandene *wasserlösliche arsenige Säure* wird besonders bestimmt, indem man 100 ccm des vorstehenden Filtrates nach Zugabe von Natriumbikarbonat im Überschuß, etwas Seignettesalzlösung (30 g auf 1 l $H_2O$) und 1,5 ccm Jodzinkstärkelösung mit n/50 Jodlösung titriert (1 ccm davon = 0,09896 % $As_2O_3$) und den so gefundenen Wert als $As_2O_5$ von dem zuerst erhaltenen abzieht.

Eine schnelle Methode zur Bestimmung der wasserlöslichen Arsensäure in Bleiarsenat und Zinkarsenit beschreibt Roark[1]): Eine Suspension von 2 g Bleiarsenat oder 1 g Zinkarsenit in 100 ccm kaltem Wasser wird erhitzt und 5 Min. im Kochen gehalten. Die Flüssigkeit wird auf ein Volumen von einem Liter gebracht, gut durchgeschüttelt und filtriert. 250 ccm des klaren Filtrates verarbeitet man weiter nach 2.

*Säuregrad.*

Der Säuregrad wird nach amtlicher holländischer Vorschrift bestimmt, indem man 100 ccm des unter „wasserlösliche Arsensäure" Ziffer 2 erhaltenen Filtrates entsprechend 1 g Substanz mit n/10 Lauge titriert und den Wert in ccm n/1 Lauge für 100 g Bleiarsenat ausdrückt.

*Bleioxyd.*

0,5 g pulverisierte Substanz werden in einem 600-ccm-Becherglas mit etwa 25 ccm verdünnter Salpetersäure (1 : 4) erwärmt. Nach Filtration wird das auf etwa 400 ccm gebrachte Filtrat bis nahe zum Kochen erhitzt, mit Ammoniak bis zur Bildung eines Niederschlages und darauf wieder mit verdünnter Salpetersäure (1 : 9) im Überschuß von 1—2 ccm bis zum Verschwinden des Niederschlages versetzt. In die fast bis zum Kochen erhitzte Lösung läßt man unter beständigem Umrühren 50 ccm einer heißen 10 %igen Kaliumchromatlösung fließen. Man dekantiert heiß durch einen bei 140—150° getrockneten Goochtiegel, wäscht verschiedene Male durch Dekantation und darauf auf dem Filter mit heißem Wasser, bis das Waschwasser farblos ist und trocknet das Bleichromat bei 140—150° bis zum konstanten Gewicht. Bleichromat · 0,6906 = Bleioxyd (PbO). Das gefällte Bleichromat kann Spuren von Bleiarsenat enthalten, die nicht über 0,1—0,2 % hinausgehen. Über Titration des Bleichromats s. Classen A. Maßanalyse, Leipzig, 1912, S. 413.

Als Bleisulfat läßt sich das Blei nach dem bekannten Verfahren nur bei Abwesenheit von Kalk bestimmen.

Eine in USA. offizielle Reaktion zum Nachweis des Pb auf Früchten gibt Harris[2]) an. Eine andere Bestimmung kleinster Mengen Pb[3]), auch in Spritzrückständen, beruht auf der Fällung von PbS und der photoelektrischen Messung der Trübung. Berg u. Schmechel[4]) empfehlen die Bestimmung mit Dithizon. Verschiedene weitere Verfahren: Wichmann, Murray, Harris, Clifford, Loughrey und Voshes jr.[5]), Winkler[6]). Ein Ablöseverfahren beschreiben Lendrich und Mayer.[7])

---

[1]) Roark, R. C., J. Assoc. Off. Agr. Chem. **7**, 1924, 322—327.

[2]) Harris, M., J. Assoc. Off. Agric. Chem. **16**, 1933, 245.

[3]) Samuel, B. L., and Shockey, H. H., J. Off. Agric. Chem. **17**, 1934, 108, 141; Chem. Ztrbl. 1934, II, 98 u. 99.

[4]) Schmechel, S., Angew. Chem. **48**, 1935, 434; Berg, P., und Schmechel, S., Ztschr. f. Unters. Lebensm. **70**, 1935, 52.

[5]) Wichmann, H. J., Murray, C. W., Harris, M., Clifford, P. A., Loughrey, J. H., u. Voshes, F. A. jr., J. Ass. Off. Agric. Chem. **17**, 1934, 108—35; Chem. Ztrbl. 1934, II, 98.

[6]) Winkler, L. W., Ztschr. f. ang. Chemie **26**, 1913, 38.

[7]) Lendrich, K., und Mayer, Fr., Ztschr. f. Unters. Lebensmittel **54**, 1927, 146.

*Feinheitsgrad, Schwebefähigkeit.* (Siehe Angaben unter Schweinfurtergrün.)

Die Schwebefähigkeit läßt sich mit dem Sedimentationsmesser nach H. Grohn[1]) und dem Revolversedimentierapparat von Hengl-Reckendorfer bestimmen. Eine kurze technische Beurteilung ermöglicht folgendes Verfahren: 3 g Bleiarsenat oder 6 g Paste werden mit wenig destilliertem Wasser zu einer gleichmäßigen Flüssigkeit angerührt. Man füllt in einem 100-ccm-Meßzylinder (Höhe der Graduierung etwa 16 cm) bis zur Marke auf, schüttelt 3 Min. und beobachtet das Absetzen innerhalb 15 Min. Bei Präparaten mit befriedigender Schwebefähigkeit tritt in 5 Min. höchstens bis zur Hälfte der Flüssigkeit Klärung ein, und es beträgt die Höhe der unteren Schicht fester Bestandteile höchstens 1,5 ccm.

Englische Vorschriften über die Untersuchung des Bleiarsenates siehe Specifications and Methods of analysis for certain insecticides and fungicides.[2])

## C. Calciumarsenat

*Feuchtigkeit.* (Siehe S. 591 [Schweinfurtergrün].)

*Gesamtarsengehalt.* Nach dem Verfahren S. 589 oben bestimmbar.

*Arsenige Säure.* Eine Auflösung von 1 g in 100 ccm 10%iger HCl wird auf 90° erhitzt und mit n/20 Natriumbromatlösung titriert (s. S. 588 oben). Die Methode ist nur bei Abwesenheit von Nitraten anwendbar. Bei Gegenwart nur geringer Mengen Nitrate kann man bei Zimmertemperatur titrieren.[3])

*Wasserlösliche Arsenverbindungen* werden in USA. nach den Angaben unter Bleiarsenat (Ziffer 2) bestimmt. Über die wahre Wasserlöslichkeit eines Kalziumarsenates kann nur die Untersuchung einer vom anwesenden Kalk befreiten Probe Aufschluß geben, da sonst das sich lösende Arsenat durch den ebenfalls in Lösung gehenden Kalk immer wieder niedergeschlagen wird. Man kann wie folgt vorgehen: 0,5 g Substanz werden in einem 500 ccm-Erlenmeyerkolben mit 100 ccm destilliertem Wasser 3 Stunden unter dreimaligem Umschütteln stehen gelassen. Nach Zusatz von 3 Tropfen alkoholischer 1%iger Thymolphthaleinlösung (gegebenenfalls auch bei eintretenden Schwierigkeiten infolge Anwesenheit von Farben in dem Kalziumarsenat nach Zusatz von Phenolphthaleinlösung) wird mit frisch hergestellter 0,02 n-$CO_2$-Lösung bis zur Entfärbung titriert. Man verdünnt auf 250 ccm und läßt 24 Stunden stehen. In den ersten 5 Stunden wird fünfmal je $\frac{1}{2}$ Min. lang in Abständen von je 1 Stunde und nach 24 Stunden nochmals $\frac{1}{2}$ Min. lang geschüttelt. Unmittelbar darauf wird filtriert oder bei trübem Filtrat zentrifugiert. 200 ccm des klaren Filtrates werden nach Zugabe von 10 ccm $H_2SO_4$ und 20 ccm $HNO_3$ (spez. Gew. 1,52) in schräg gestelltem Rundkolben nach S. 589 oben und 592 weiter verarbeitet.[4])

*Kalziumoxyd.*

Eine Lösung von 2 g in 80 ccm 25%iger Essigsäure wird auf 200 ccm aufgefüllt. 50 ccm Filtrat verdünnt man auf etwa 200 ccm, erhitzt zum Sieden und fällt das Ca mit Ammoniumoxalatlösung. Nach dreistündigem Stehen auf dem Wasserbade wird filtriert und mit heißem Wasser gewaschen. Den Niederschlag löst man in 200 ccm 2,5%iger $H_2SO_4$, erwärmt auf etwa 70° und titriert mit n/10 $KMnO_4$-Lösung.[5])

*Freies Kalziumhydroxyd.*

Eine Suspension von 1 g feinkörnigem Kalziumarsenat in 50 ccm n/10 alkoholischer (93%) Benzoesäurelösung wird 10 Min. lang geschüttelt und der Überschuß an Säure mit n/10 alkoholischer Natronlauge unter lebhafter Bewegung zurücktitriert.[6])

---

[1]) Grohn, H., Die Chemische Fabrik **36**, 1932, 325.

[2]) Ministry of agriculture and fisheries Bull. **82**, 1934, London.

[3]) J. Assoc. Offic. Agr. Chem. **5**, 1922, 33, 392.

[4]) Vgl. Pearce, G. W., Norton, C. B., and Chapman, P. J., New York State agric. Exp. Stat. (Techn. Bull) **234**, 1935; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4793.

[5]) J. Assoc. Offic. Agr. Chem. **5**, 1922, 33, 392.

[6]) Nach Smith, C. H., and Hendricks, S. B., Ind. Eng. Chem. **16**, 1924, 950.

*Feinheitsgrad, Schwebefähigkeit* siehe Bleiarsenat und physikalische Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel. Die Schwebefähigkeit ist in dem Sedimentationsmesser nach Grohn[1]) meßbar, wobei man die Suspension zweckmäßig erst nach dreistündigem Stehen nach Übergang von etwa vorhandenem CaO in $Ca(OH)_2$ in den Apparat füllt.

## Schwefel

Für die Untersuchung des im Weinbau zu verwendenden Schwefels kommt in erster Reihe die Bestimmung des Feinheitsgrades des Schwefels in Betracht. Dafür hat der Verband der landwirtschaftlichen Versuchsstationen i. D. R. folgende Richtlinien festgelegt.[2])

1. Die einzelnen Anteile einer Schwefellieferung zeigen erfahrungsgemäß auch bei Schwefeln einer Handelsqualität unter sich Verschiedenheiten, besonders im Feinheitsgrade. Für die Beurteilung der Durchschnittsqualität können daher nur Proben maßgebend sein, bei welchen die Abweichungen in den Einzelanteilen durch Mischung einer genügenden Anzahl kleiner Einzelproben aus den verschiedenen Teilen der Lieferung ausgeglichen werden. Die zur Prüfung einzusendende Menge soll mindestens 300 g betragen.

2. Bei der Bestimmung des Feinheitsgrades nach Chancel ist es notwendig, chemisch reinen, über Natrium destillierten Äther zu verwenden.

3. Auch wenn chemisch reiner Äther verwendet wird, kann eine Übereinstimmung der Ergebnisse nur erreicht werden, wenn Apparate von gleichmäßigen Dimensionen benutzt werden (zweckmäßig sind folgende, schon von Portele[3]) empfohlenen Dimensionen: Gehalt bis zur Marke 100 bei 17,5° [unterer Meniskus] 25 ccm, Länge des Rohres bis zum Teilstrich 100 : 175 mm, Länge des geraden Rohres vom Teilstrich 10—100 : 154 mm, innerer Durchmesser des Rohres 12,5 mm), wenn bei Ausführung der Bestimmungen nach dem Durchschütteln jede Erschütterung vermieden wird und wenn bei einer einheitlichen Temperatur, und zwar bei 17,5 ° gearbeitet wird.

4. Die Ausführung der Chancelschen Bestimmung des Feinheitsgrades ist genau nach folgender Vorschrift auszuführen:

Das zu untersuchende Schwefelpulver wird durch ein Sieb von 1 qmm Maschenweite durchgetrieben, um die Klümpchen, welche der Schwefel stets bei längerem Lagern bildet, zu verteilen. Von der nach dem Durchsieben gut gemischten Probe werden 5 g abgewogen. Der Schwefel wird zweckmäßig mit Hilfe eines Kartenblattes oder Pinsels in das Sulfurimeter gebracht, dann wird das Sulfurimeter mit Äther bis ungefähr zur Hälfte angefüllt und durch gelindes Klopfen die Luft aus dem Schwefelpulver entfernt. Ist das erreicht, so füllt man den Apparat bis etwa 1 cm über den Teilstrich 100 mit Äther an und schüttelt etwa 1 Min. sehr stark durch, um eine gleichmäßige Verteilung des Schwefels zu erreichen. Eine Ablesung erfolgt zunächst noch nicht. Nunmehr wird neuerdings genau 30 Sek. in senkrechter Richtung kräftig durchgeschüttelt, das Instrument dann mittels eines Statives genau senkrecht eingespannt und in ein mit Wasser von 17,5° gefülltes Becherglas so eingesenkt, daß weder die Wandungen noch der Boden oder das eingesenkte Thermometer berührt werden. Der Schwefel senkt sich ziemlich rasch zu Boden. Wenn sich die Höhe der Schwefelschicht nicht mehr ändert und der darüber stehende Äther völlig klar erscheint, wird der Stand des Schwefels von der Skala abgelesen (halbe Teilstriche werden geschätzt). Die so abgelesene Zahl gibt damit die Grade Chancel an. Das Ergebnis der ersten Schüttelung ist meist zu hoch, die Schüttelung wird daher in der gleichen Weise, jedesmal 30 Sek. lang, noch viermal wiederholt. Das Mittel aus den vier letzten Ablesungen wird als dem Feinheitsgrad des Schwefelpulvers entsprechend angenommen.

Die ganze Operation ist nochmals mit einer neu abgewogenen Probe von genau 5 g in der beschriebenen Weise zu wiederholen und erst aus den Ergebnissen der doppelten Untersuchung das endgültige Mittel zu ziehen.

5. Bei der Bestimmung des Feinheitsgrades ist ein Analysenspielraum von 5° Chancel zu gewähren.

---

[1]) Grohn, H., Die Chem. Fabrik **36**, 1932, 325.

[2]) Landw. Versuchsstationen **68**, 1908, 80.

[3]) Portele, Weinlaube **24**, 376.

6. Wenn dem Abschluß des Verkaufs ein Angebot von Schwefel verschiedenen Feinheitsgrades zugrunde lag, geschieht die Minderwertsberechnung wie folgt: Die Differenz zwischen den Preisen von je 100 kg Schwefel von dem nächst höheren und dem nächst niedrigeren Feinheitsgrad ist zu dividieren durch die Differenz zwischen den Feinheitsgraden selbst, und so der Preis von 1° Chancel für 100 kg Schwefel festzustellen. Ist bei der Untersuchung ein über 5° Chancel geringerer Feinheitsgrad gefunden worden als garantiert ist, so wird der Minderwert für 100 kg Schwefel ermittelt, indem man die Zahl der fehlenden Grade mit dem, wie beschrieben, gefundenen Preis von 1° Chancel multipliziert. Im übrigen wird empfohlen, schon bei Abschluß der Schwefelkäufe in jedem Falle festzusetzen, welche Minderwertsentschädigung bei nicht genügendem Feinheitsgrade der gelieferten Ware zu zahlen ist.

Einwandfreie Bestimmungen des Feinheitsgrades ermöglichen nur mikroskopische Messungen.[1]) Mach und Lederle[2]) beschrieben ein Gerät für die Trennung des Schwefelpulvers in verschiedene Korngrößen.

Nach Lunge-Berl[3]) untersucht man den Schwefel auf Gehalt an gemahlenem bzw. sublimiertem Schwefel, indem man in einem Sulfurimeter 5 g Schwefel mit bis zur Marke reichendem Schwefelkohlenstoff 2—3 mal durchschüttelt und absitzen läßt. Der gemahlene Schwefel hinterläßt keinen, der sublimierte einen Rückstand von amorphem Schwefel, dessen Volumen 24—40°, im Mittel etwa 33° Chancel beträgt.

Zur direkten Ermittlung des reinen Schwefels in Schwefelproben kann man nach Bruno[4]) den freien Schwefel durch Kochen mit NaOH lösen, mit Bromwasser oxydieren und nach Ansäuern und Ausfällen mit $BaCl_2$ als $BaSO_4$ bestimmen. Rink und Kaempf[5]) verwenden dafür Reichert-Meißl-Lauge (75 g KOH in 100 ccm). Wolff[6]) oxydiert den Schwefel durch siebenstündiges Erhitzen eines Gemisches von 0,5 g S mit etwa 10 g eines Gemenges aus 10 Teilen Kaliumnitrat und 25 Teilen kalzinierter Soda zunächst mit kleiner, später mit voller Flamme in einem Porzellantiegel und fällt nach dem Ansäuern mit Salzsäure mit Bariumchlorid.

Der Schwefel in Schwefelproben läßt sich auch gut nach der Methode von Järvinen (s. Schwefelkalkbrühe S. 602), bestimmen, wobei man von 0,1—0,15 g Schwefel ausgeht. Man findet 98—99,6% der angewandten Menge.

Die Asche des Schwefels bestimmt man durch Verbrennen von etwa 10 g Schwefel im Porzellan- oder Platintiegel und Wägen des Rückstandes. Bei Gegenwart von Kohle muß man unmittelbar nach dem Entfernen des Schwefels mit dem Erhitzen des Rückstandes aufhören.

Die Bestimmung des Schwefels in Pflanzenschutzmitteln mit organischen Verbindungen ist nach einem Verfahren von Warunis[7]) wie folgt möglich: In einem geräumigen Silber- oder Nickeltiegel werden 0,2—0,4 g gepulverte Substanz mit einer Mischung von 10 g feinem gepulvertem schwefelsäurefreiem Kaliumhydroxyd und 5 g Natriumsuperoxyd mit einem Silber- oder Nickeldraht gut gemischt. Die Mischung wird im Trockenschrank auf etwa 75—85° erwärmt. Nach dem Zusammensintern der Mischung nach etwa einer Viertelstunde wird bei bedecktem Tiegel mit kleiner Flamme weiter erhitzt, bis die Schmelze dünnflüssig geworden ist. Dabei erfolgt zuweilen eine stürmische Reaktion. Nach kurzem Erhitzen läßt man die Schmelze erkalten. Sie wird in Wasser gelöst, mit bromhaltiger Salzsäure angesäuert, aufgekocht, gegebenenfalls filtriert, und die gebildete Schwefelsäure in bekannter Weise als Bariumsulfat bestimmt.

---

[1]) Kroemer, K., Ber. über die Tätigkeit der Pflanzenphysiologisch. Vers.-St. Geisenheim 1916/17, 94.

[2]) König, J., Unters. landw. u. landw.-gewerbl. wichtiger Stoffe, 1926, II, 881.

[3]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch.-Meth., 7. Aufl. 1921, I, 688.

[4]) Bruno, A., Ztschr. f. angew. Chem. **23**, 1910, 1911.

[5]) Rink, A., u. Kaempf, E., Gas- und Wasserfach **72**, 1929, 1269; Chem. Ztrbl. 1930, I, 1253.

[6]) Wolff, E., Ztschr. f. angew. Chem. **31**, 1918, 128.

[7]) Warunis, T. St., Chem. Ztg. **34**, 1910, 12, 85.

Nach E. und M. Kahane[1]) läßt sich die Zerstörung der organischen Substanz binnen 10 Min. auch durch eine Mischung von 2 Teilen $HClO_4$(D = 1,61) und 1 Teil $HNO_3$(D = 1,39) erreichen.

Über titrimetrische Bestimmung freien Schwefels nach Überführung in KCNS vgl. Castiglioni.[2])

*Gasreinigungsmasse, Präschwefel.*

Wertbestimmend ist der Gehalt an elementarem Schwefel, den man durch Ausziehen von 5—15 g lufttrockener Masse mit rückstandfreiem Schwefelkohlenstoff im Soxhlet unter Vermeidung direkter Sonnenbestrahlung auszieht. 20 Auszüge sollen genügen. Der Schwefelkohlenstoffauszug wird zur Entfernung teeriger Bestandteile mit etwas Pottasche und 1 g Blutkohle versetzt, öfter umgeschüttelt und nach 24 stündigem Stehen filtriert. Das Filtrat hinterläßt nach dem Verjagen des Schwefelkohlenstoffs technisch reinen Schwefel.[3]) Colman und Yeoman[4]) behandeln den $CS_2$-Auszug zur Entfernung teeriger Stoffe mit konzentrierter $H_2SO_4$ und darauf mit Wasser. Willenz[5]) zieht 1—2 g Substanz mit Schwefelkohlenstoff aus, oxydiert den nach dem Verjagen der $CS_2$ erhaltenen Schwefel im gleichen Kolben mit 25 ccm HCl (spez. Gew. 1,19) und etwas Kaliumchlorat zu Schwefelsäure und fällt nach dem Verdünnen als $BaSO_4$. Siehe auch die vorherigen Verfahren zur Oxydation des Schwefels. Pfeiffer[6]) verbrennt 1 g der Probe mit 0,5 g Staubzucker gemischt in einem mit Nickeldraht am Stöpsel befestigten Asbestnäpfchen in einer mit Sauerstoff gefüllten und mit 50 ccm n-Lauge beschickten 5-l-Flasche und titriert nach Oxydation der $SO_2$ mit 1 ccm Perhydrol-Merck zu $H_2SO_4$ den Laugenüberschuß mit n-Säure und Dimethylamidoazobenzol; 1 ccm n-Lauge = 1,6% S. Dabei wird vermutlich auch der Schwefel der Sulfide erfaßt. Über die Bestimmung von Cyan-, Rhodanverbindungen, Sulfiden, Ammoniak im Präschwefel s. Lunge-Berl.[7])

## Schwefelkalkbrühe, Na-, K-, $NH_4$-, Ba-Polysulfide

Für die Wertbestimmung der Schwefelkalkbrühe ist ihr Gehalt an *Polysulfidschwefel* maßgebend. Die daneben vorhandenen Thiosulfat-, Monosulfid- und Sulfatschwefel sind unwesentlich. Die Mengenverhältnisse in nachstehenden Methoden gelten im allgemeinen für Brühen vom spezifischen Gewicht von etwa 1,16 (20° Baumé). Von konzentrierteren Brühen wird entsprechend weniger genommen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß bei der Probenahme der Stammlösungen der Einfluß des Sauerstoffs, der Schwefelpolysulfidverbindungen zersetzt, möglichst auszuschalten ist, z. B. ist zur Verdünnung der Lösungen stets frisch ausgekochtes, abgekühltes Wasser zu verwenden. Beim Einlaufenlassen der Stammlösungen in andere Flüssigkeiten muß die Pipettenspitze entweder unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche oder unmittelbar darüber gehalten werden. Schwefelkalkbrühen, auch verdünnte Lösungen, müssen stets in vollständig gefüllten, mit Paraffin abgedichteten Flaschen an kühler, dunkler Stelle aufbewahrt werden.

Ein zuverlässiges Verfahren beschreibt Bodnár.[8]) Es stützt sich auf die Einwirkung von Silbernitrat auf die Bestandteile der Schwefelkalkbrühe im Sinne folgender Gleichungen:

1. $CaS_4 + 2\,AgNO_3 = Ag_2S + S_3 + Ca(NO_3)_2$.
2. $CaS_5 + 2\,AgNO_3 = Ag_2S + S_4 + Ca(NO_3)_2$.
3. $CaS_2O_3 + 2\,AgNO_3 = Ca(NO_3)_2 + Ag_2S_2O_3$.
4. $Ag_2S_2O_3 + H_2O = Ag_2S + H_2SO_4$.

---

[1]) Kahane, E. u. M., Comptes rendus Acad. Sci. **198**, 1934, 372; Chem. Ztrbl. 1934, II, 478.

[2]) Castiglioni, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **91**, 1932, 32; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1170.

[3]) Pfeiffer, O., s. Lunge-Berl, Chem.-techn. Unters. Meth., 7. Aufl. 1923, III, 143.

[4]) Colman, H. G., u. Yeoman, E. W., Journal f. Gasbel. **62**, 1919, 248.

[5]) Willenz, M., Chem. Ztrbl. 1897, I, 334.

[6]) Pfeiffer, O., Journal f. Gasbel. **48**, 1905, 277; s. Lunge-Berl, a. a. O.

[7]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch. Meth., 7. Aufl., 1923, III, 144—155; König, J., Untersuchung landw. u. landw.-gewerbl. wichtiger Stoffe 1926, II, 856.

[8]) Bodnár, J., Chem. Ztg. **39**, 1915, 715, 833.

Von der zu untersuchenden Brühe stellt man eine 10-Vol.-%ige Lösung her und läßt unmittelbar darauf 10 ccm davon zu 50 ccm n/10 Silbernitratlösung in einen 100-ccm-Meßkolben unter lebhaftem Schütteln fließen. Der entstehende Niederschlag ballt sich zusammen, während sich die darüber stehende Flüssigkeit klärt. Die Flüssigkeit wird nach dem Verdünnen auf 100 ccm und Umschütteln durch einen Goochtiegel zunächst in einen trockenen Saugkolben filtriert. Das unverdünnte Filtrat wird beiseite gestellt und danach der Niederschlag mit warmem Wasser vollständig in den Tiegel gebracht, mehrmals mit warmem Wasser gewaschen und 1½ Stunde lang bei 100° getrocknet.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure und des überschüssigen Silbernitrates in dem ersten unverdünnten Filtrat werden 50 ccm davon mit 20—30 ccm n/10 Chlornatriumlösung und 10—15 ccm n/10 Natronlauge versetzt und mit n/10 Schwefelsäure (Indikator Phenolphthalein) bis zur Entfärbung zurücktitriert. Zur gleichen Lösung gibt man weiter einige Tropfen Kaliumchromatlösung und titriert das überschüssige NaCl mit n/10 $AgNO_3$ zurück.

*Thiosulfatschwefel* (t) und *Monosulfidschwefel* (s) in 100-ccm-Stammlösung lassen sich aus den nachstehenden Gleichungen berechnen, in denen a) ccm n/10-NaOH, b) ccm n/10-$H_2SO_4$, c) ccm n/10-$AgNO_3$ (zur Bestimmung des NaCl-Überschusses verbraucht), d) ccm n/10-NaCl sind.

$$t = 100 \cdot 4(a - b) \cdot 0{,}0016035 = 0{,}6414\,(a - b) \text{ und}$$
$$s = 100 \cdot 2(25 + c - d) \cdot 0{,}0016035 - t/2 = 0{,}3207 \cdot (25 + c - d) - t/2.$$

Die Polysulfidschwefelmenge ($p$) erhält man, indem man von dem Goochtiegelinhalt ($e$) das Gewicht des Silbersulfids abzieht, das sich aus der Sulfid- und der Hälfte der Thiosulfatschwefelmenge errechnen läßt: $p = 100 \cdot e - 7{,}727\,(s + t/2)$. Bei Schwefelkalkbrühen mit Kochsalzgehalt ist dieser zu bestimmen und das entsprechende AgCl von vorstehendem $p$ abzuziehen. *Kochsalz* in der Brühe bestimmt man wie folgt: 20 ccm der zehnfach verdünnten Brühe werden nach Zugabe von $NH_3$ und $H_2O_2$ (Perhydrol-Merck 30 %ig) bis zur Verflüchtigung vom $NH_3$ und Sauerstoff im Kochen gehalten. Nach dem Erkalten titriert man mit n/10 $AgNO_3$.

Den Gesamtschwefel einschließlich Sulfatschwefel findet man durch Fällen der Schwefelsäure aus einer mit $NH_3$ und $H_2O_2$ behandelten und mit HCl angesäuerten 10 %igen Brühe mit $BaCl_2$ und Bestimmung des $BaSO_4$. Über Vereinfachung der Methode siehe Bodnár und Gervay.[1])

Bei einem einfacheren Verfahren für die Untersuchung der Schwefelkalkbrühe von Wöber[2]) unter teilweiser Verwendung Sanderscher Methoden[3]) wird der Polysulfidschwefel neben Monosulfid- und Thiosulfatschwefel durch Oxydation der Schwefelverbindungen in alkalischer Lösung von bestimmtem Gehalt mit $H_2O_2$ zu Sulfaten und Titration der überschüssigen Lauge bestimmt:

1. Den *Thiosulfatschwefel* ermittelt Wöber nach Sander: 10 ccm verdünnte Brühe (10 ccm auf 200 ccm verdünnt) gibt man zu etwa 50 ccm kalt gesättigter Quecksilberchloridlösung, schüttelt um, setzt $NH_4Cl$ hinzu und schüttelt wieder, bis der Niederschlag weiße Färbung angenommen hat. Die Lösung mit dem Niederschlag wird mit n/10 NaOH (Indikator Methylorange) auf gelb titriert. Aus der gefundenen Menge n/10 NaOH (A) berechnet man nach der Gleichung

$$2\,CaS_2O_3 + 3\,HgCl_2 + 2\,H_2O = 2\,CaSO_4 + 4\,HCl + (2\,HgS \cdot HgCl_2)$$

den Thiosulfatschwefel. Danach ist 1 ccm n/10 NaOH = 3,206 mg Thiosulfatschwefel. Empfehlenswerter ist die Bestimmung des Thiosulfatschwefels nach Bodnár, weil dabei der Farbumschlag bei der Endtitration schärfer ist.

2. Für die Bestimmung des *Monosulfidschwefels* benutzt Wöber folgende Methode nach Sander: 10 ccm der verdünnten Schwefelkalkbrühe (Verdünnung wie unter 1.) werden zu 25 ccm n/10 Jodlösung, die vorher mit etwa 10 ccm n/10 HCl angesäuert wurden, gegeben. Der Jodüberschuß wird mit n/10 $Na_2S_2O_3$ (Indikator Stärkelösung) zurücktitriert.

[1]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 452.
[2]) Wöber, A., Chem. Ztg. **41**, 1917, 569.
[3]) Sander, Chem. Ztg. **39**, 1915, 945.

Die gefundene Jodmenge (D) gibt den Gehalt der Lösung an Monosulfid und Thiosulfat an. Die für Monosulfid verwendete Jodmenge E = D — A/2 (A siehe oben). 1 ccm n/10 Jod entspricht 1,603 mg Monosulfidschwefel.

3. Zur Bestimmung des *Polysulfidschwefels* nach Wöber gibt man 10 ccm verdünnte Schwefelkalkbrühe (Verdünnung wie bei 1.) unter Schütteln zu 10 ccm n/1 NaOH (x) und säurefreiem $H_2O_2$ (etwa 3 ccm Perhydrol-Merck 30%ig) in einen 100-ccm-Meßkolben. Man erhitzt vorsichtig bis zur reichlichen Sauerstoffentwicklung und hält diese Temperatur etwa 10 Min. inne. Nach dem Abkühlen der ausgeschiedenen $CaSO_4$ und $Ca(OH)_2$ enthaltenden Lösung füllt man auf und entnimmt nach kräftigem Durchschütteln 20 ccm davon, gibt hierzu einige Tropfen Methylorange und n/10 HCl im Überschuß. Man erwärmt etwas und titriert nach dem Erkalten den Überschuß an Säure mit n/10 NaOH zurück. Von dem nach der Gleichung 1 ccm n/1 NaOH = 16,03 mg Polysulfidschwefel errechneten Wert ist zur Erhaltung des endgültigen Wertes für Polysulfidschwefel die Hälfte des gefundenen Thiosulfatschwefels abzuziehen.

Später beschreibt Wöber[1]) eine Methode der Polysulfidbestimmung in Schwefelkalkbrühe, bei der die Umsetzung zwischen Polysulfid und neutralem Alkalisulfit zu Thiosulfat und Monosulfid benutzt wird. Hiernach werden 25 ccm verdünnte Schwefelkalkbrühe (10 ccm Stammlösung auf 200 ccm) in 20 ccm 10%ige frisch bereitete Natriumsulfitlösung gegeben, sodann bis zur Entfärbung auf etwa 40—50° erwärmt, 15 Min. stehen gelassen und nach dem Abkühlen auf 250 ccm aufgefüllt. Man läßt von dem ausgeschiedenen Kalziumsulfid und Kalziumsulfit absitzen und bestimmt in einem Teil der klaren Flüssigkeit das Thiosulfat nach Bodnár Die Bestimmung des ursprünglichen Thiosulfatschwefels der Brühe erfolgt gesondert ebenfalls nach Bodnár. Die Hälfte der Differenz zwischen den beiden Thiosulfatschwefelwerten entspricht dem Polysulfidschwefel. Für Polysulfidlösungen mit Alkalikarbonatgehalt beschreibt Wöber Abänderungen des Verfahrens.

Goodwin und Martin[2]) geben nach Prüfung verschiedener Verfahren eine abgeänderte Methode von Chapin[3]) als zuverlässigste Arbeitsweise für die Bestimmung des Polysulfidgehaltes von Schwefelkalkbrühe, Schwefelleber und Ammoniumpolysulfid an. Dabei wird die Reaktionsfähigkeit des durch ammoniakalisches Zinkchlorid gefällten Schwefels mit Natriumsulfit unter Bildung von Thiosulfat benutzt, das mit Jodlösung titriert wird. Das überschüssige Natriumsulfit fällt man vorher mit Strontiumchlorid aus. Die nach Chapin umständliche Bestimmung des Sulfidschwefels wird als belanglos dabei nicht berücksichtigt. Danach gibt man 25 ccm des verdünnten Untersuchungsmaterials (1 : 25 für Flüssigkeiten, 1 : 50 für feste Substanzen) zu einer Mischung von 10 ccm ammoniakalischer Zinkchloridlösung[4]) und 35 ccm 10%iger frisch bereiteter Natriumsulfitlösung ($Na_2SO_3 \cdot 7\,H_2O$) in einen 350-ccm-Erlenmeyerkolben. Man erhitzt auf dem Wasserbad 45 Min. lang, während man in Abständen von 10 Min. gut durchschüttelt und die Innenwandung des Kolbens mit heißem Wasser abspritzt. Nach 45 Min. wird die Flüssigkeit mit 30 ccm 10%iger Strontiumchloridlösung versetzt, 5 Min. stehen gelassen und in einen 250 ccm Meßkolben filtriert. Das Filter wäscht man mit heißem Wasser, bis das Filtrat mindestens 200 ccm faßt. Nach dem Abkühlen wird bis zur Marke aufgefüllt. Zu 50 ccm davon fügt man 1 Tropfen Methylrot (0,2%ige alkoholische Lösung) und darauf 10%ige Weinsäurelösung aus einer Bürette, bis die Flüssigkeit eben sauer ist. Darauf wird mit n/20 Jodlösung titriert. Den zur Errechnung des Polysulfidgehaltes erforderlichen Thiosulfatgehalt der ursprünglichen Lösung bestimmt man durch Zugabe von 50 ccm des wie oben verdünnten Materials zu 50 ccm Wasser in einem 200-ccm-Kolben. Nach Zugabe von 20 ccm ammoniakalischer Zinkchloridlösung wird bis zur Marke aufgefüllt, durchgeschüttelt und durch ein trockenes Filter filtriert. Zu 100 ccm des Filtrates gibt man einige Tropfen Methylrotlösung, neutralisiert mit 10%iger Weinsäurelösung und titriert mit n/20 Jodlösung (Indikator Stärkelösung). Bei Verwendung der angegebenen Volumina ist der endgültige Titrationswert = $x - y/5$.

---

[1]) Wöber, A., Ztschr. f. angew. Chem. **34**, 1921, 73.

[2]) Goodwin, W., and Martin, H., J. agric. Science **15**, 1925, 103.

[3]) Chapin, R. M., J. Ind. Eng. Chem. **8**, 1916, 339.

[4]) Hergestellt durch Auflösung von 50 g reinem Zinkchlorid in 500 ccm Wasser, Hinzufügen von 125 ccm $NH_3$ (spez. Gew. 0,90) und 50 g $NH_4Cl$ und Verdünnen auf 1 l.

wenn $x$ den Wert der Polysulfidtitration und $y$ den der Thiosulfattitration vorstellt. 1 ccm n/20 Jodlösung = 0,0032 g Schwefel. Liegt der endgültige Wert unter 35 ccm (Vol. der Natriumsulfitlösung), so ist damit Gewähr geboten, daß der notwendige Überschuß an Natriumsulfit vorhanden war.

Die Association of Official Agricultural Chemists in USA. benutzt folgende Methoden[1]):

a) Der *Polysulfidschwefel* wird durch Versetzen der verdünnten Brühe (1 : 50) mit Zinkchloridlösung (siehe Fußnote S. 601) in geringem Überschuß in der Kälte ausgefällt, abfiltriert und nach zweimaligem Waschen mit Wasser in dem ursprünglichen Reaktionsgefäß mit dem Filter, das etwas zerkleinert wird, mit Wasser überschichtet und mit 3 g Natriumsuperoxyd versetzt. Auf dem Wasserbad erwärmt man, bis der Schwefel, nötigenfalls unter Zugabe von mehr Natriumsuperoxyd, vollständig oxydiert ist. Nach Zugabe von Salzsäure im Überschuß wird filtriert und im Filtrat die Schwefelsäure als $BaSO_4$ bestimmt.

b) *Thiosulfatschwefel.* 50 ccm der 4%igen Schwefelkalkbrühe werden zu 50 ccm Wasser in einen 200-ccm-Meßkolben gegeben, es wird ammoniakalische Zinkchloridlösung in geringem Überschuß zugefügt und aufgefüllt. Nach dem Umschütteln und Filtrieren werden 100 ccm Filtrat mit wenigen Tropfen Methylorange oder Methylrot versetzt und genau mit n/10 HCl neutralisiert. Die neutrale Lösung wird mit n/20 Jodlösung (Indikator Stärkelösung) titriert. 1 ccm n/20 Jod = 0,0032 g Schwefel.

c) *Bestimmung des Gesamtschwefels*, bei der ein etwaiger Gehalt der Brühen an Silikaten berücksichtigt wird. Zu einer Lösung von 2—3 g Natriumsuperoxyd in 50 ccm kaltem Wasser werden 10 ccm verdünnte Brühe (1 : 25) gegeben. Die Flüssigkeit wird auf einem Wasserbad bei öfterem Umrühren bis zum Verschwinden der gelben Färbung erhitzt, mit verdünnter Salzsäure angesäuert, zur Trockne eingedampft und der Rückstand mit verdünnter Salzsäure behandelt. Nach dem Verdünnen wird die Flüssigkeit aufgekocht und filtriert. Die Schwefelsäure bestimmt man wie üblich als Bariumsulfat.

Für die Bestimmung des Gesamtschwefels der Schwefelkalkbrühen kann auch die von Järvinen[2]) für die Untersuchung von Schwefelpulver angegebene Methode dienen: 5 ccm der auf das zehnfache Volumen verdünnten Brühe werden in einen 300—400 ccm Erlenmeyerkolben mit 20 ccm Wasser und darauf mit 2 ccm Brom versetzt. Nach öfterem Umschütteln werden 5 ccm Äther hinzugefügt; nach viertelstündigem Stehenlassen bei wiederholtem Umschütteln wird die Flüssigkeit auf einem Wasserbad bis zur vollständigen Entfärbung erwärmt. Hierauf wird auf ungefähr 200 ccm verdünnt, mit Salzsäure angesäuert und die gebildete Schwefelsäure wie üblich als Bariumsulfat bestimmt.

Den *Kalk* in Schwefelkalkbrühen bestimmt man, indem man zu 25 ccm der auf das Zehnfache verdünnten Brühe 10 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) gibt. Die Flüssigkeit wird zur Trockne eingedampft und der Rückstand mit Wasser und etwas Salzsäure bis zur Lösung des Kalziumchlorids erwärmt. Man filtriert Schwefel und etwa vorhandene Silikate ab und bestimmt in dem Filtrat den Kalk als Kalziumoxalat.

Schulek[3]) beschreibt ein Verfahren, das die Überführbarkeit des Polysulfidschwefels in Alkali- bzw. Erdalkalithiozyanate vermittels Alkalizyanid benutzt. Sulfid und Überschuß an Alkalizyanid werden durch Kochen der mit Borsäure versetzten Lösung zersetzt. Bei Gegenwart von nicht zu viel Borsäure erleiden dabei Thiozyanat und Thiosulfat keine Veränderung. Von der Borsäure muß andererseits doppelt soviel genommen werden, als zur Bildung von Alkali- bzw. Erdalkalitetraborat nötig ist. Ein mäßiger Überschuß von Alkalizyanid genügt. *Die Methode hat den Vorteil der direkten Bestimmbarkeit des Polysulfidschwefels ohne weitere Nebenbestimmung von Thiosulfatschwefel.* Eine Lösung von 1 g Borsäure in 50—60 ccm Wasser wird unter Zugabe von Bimssteinpulver zur Vermeidung des Siedeverzuges zwecks Vertreibung von Luft 1—2 Min. lang gekocht, unmittelbar darauf mit 0,5—2,0 ccm einer 10%igen KCN-Lösung (dem zu bestimmenden Polysulfidschwefel entsprechend) und sodann mit 1—5 ccm verdünnter Polysulfidlösung, die nicht mehr als 0,20 g etwa 12—14% Polysulfid enthaltende Brühe aufweisen sollen, versetzt. Die klare, farblose oder gelbliche, beim Kochen bald farblos werdende Flüssigkeit hält man 10 Min.

---

[1]) J. Ass. Off. Agr. Chem. **3**, 1920, 353.
[2]) Järvinen, K. K., Ztschr. f. analyt. Chem. **63**, 1923, 378.
[3]) Schulek, E., Ztschr. f. analyt. Chem. **65**, 1925, 352.

lang im Kochen, wobei $H_2S$ und HCN entweichen. Die Hälfte der abgekühlten Flüssigkeit (die andere Hälfte kann zur Bestimmung des Thiosulfatschwefels dienen, s. u.) wird nun unter Nachspülen mit Wasser in eine 120-ccm-Glasstöpselflasche gegossen, mit 1—2 ccm HCl (spez. Gew. 1,19) angesäuert und mit Brom oder Bromwasser bis zur beständigen Gelbfärbung versetzt. Den Bromüberschuß bindet man darauf durch Zugabe von 5—10 ccm etwa 5%iger Phenollösung und Schütteln der Flüssigkeit. Nach 10 Min. wird die farblose Lösung mit 0,5—1 g KJ versetzt und das ausgeschiedene Jod nach 15 Min. mit n/20 oder n/100 Thiosulfatlösung titriert. 1 ccm n/10 Thiosulfatlösung = 1,603 mg Polysulfidschwefel. Der Wirkung des Broms entsprechen folgende Gleichungen:

$$HCNS + 4\,Br_2 + 4\,H_2O = H_2SO_4 + 7\,HBr + CNBr$$
$$CNBr + 2\,HJ = HCN + HBr + J_2.$$

Die letzte Reaktion ist erst nach einer Viertelstunde beendet. Durch das Brom wird zugleich das vorhandene Thiosulfat oxydiert. Der Überschuß an Brom läßt sich durch Phenol binden, das auf CNBr ohne Einfluß bleibt. Ein etwa entstehender Niederschlag von $C_6H_2Br_4OH$ stört die Titration nicht. Soll auch Thiosulfatschwefel bestimmt werden, so wird die nach dem Verjagen von $H_2S$ und HCN erhaltene abgekühlte Lösung in zwei gleiche Teile geteilt und der eine zur Bestimmung des Polysulfidschwefels, der andere zur Bestimmung des Thiosulfatschwefels wie folgt verwendet: man säuert die Lösung mit 10 ccm n/1 HCl an, versetzt sofort mit n/10 oder n/100 Jodlösung im Überschuß und bestimmt in üblicher Weise den Überschuß an Jod mit n/10 oder n/100 Thiosulfatlösung. 1 ccm n/10 Jodlösung = 6,4 mg Thiosulfatschwefel. Die Schuleksche Methode benutzen Bodnár und Gervay[1]) zwecks Herabsetzung des KJ-Verbrauchs, indem sie unter sonst gleichen Verhältnissen (Menge der Borsäure, Zyankaliums usw.) von der Polysulfidlösung nur ein Zehntel der angegebenen Menge und zur Titration 0,1 g Kaliumjodid und n/100 Thiosulfatlösung verwenden. Z. B. benutzen sie nur 1—2 ccm von Lösungen, die in 100 ccm 2—4 ccm Schwefelkalkbrühe, 1 g Solbar oder 2 g Schwefelleber enthalten.

Zur Untersuchung von Bariumpolysulfidpräparaten lassen sich nach Bodnár außer der Methode Schulek auch das oben zuerst genannte Wöbersche Verfahren, nicht aber die von Bodnár und von Wöber (Arbeitsweise II) verwenden.

Andere Verfahren für die Untersuchung der Schwefelkalkbrühen und anderer ähnlicher Pflanzenschutzmittel beschreiben Tartar und Bradley[2]), Jones[3]), Harris[4]), Haywood[5]), Thompson und Whittier[6]), Kurtenacker und Bittner[7]). Kurtenacker und Goldbach[8]) geben ein Verfahren an, nach dem die Trennung von Tri-, Tetra-, Pentathionat, Thiosulfat, Bisulfit und $H_2S$ auf jodometrischem Wege möglich ist.

## Schwefelkohlenstoff

Für den qualitativen Nachweis des $CS_2$ in Gemischen ist die Umsetzung mit Phenylhydrazin zu phenylsulfokarbazinsaurem Phenylhydrazin $C_6H_5 \cdot N_2H_4 \cdot CS \cdot S \cdot N_2H_2 \cdot C_6H_5$ nach Liebermann und Seyewetz[9]) recht geeignet. Votoček und Potmešil[10]) empfehlen die Hofmannsche Reaktion mit Anilin in alkalischer Lösung, bei der Sulfokarbanilid und leicht nachweisbares Alkalisulfid entstehen. Auch die Bildung von gelbem Cu-Xanthogenat (s. u.) eignet sich zum Nachweis.

[1]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 456.
[2]) Tartar, H. V., and Bradley, C. E., Ind. Eng. Chem. **2**, 1910, 271.
[3]) Jones, C. P., J. Agric. Res. **15**, 1923, Nr. 7.
[4]) Harris, Mich. Agric. Expt. Sta. Tech. Bull. **615**, 1911.
[5]) Haywood, J. K., J. Am. Chem. Soc. **27**, 1905, 244.
[6]) Thompson, F., and Whittier, A. C., Del. Agr. Exp. Sta. Bul. **105**, 1914.
[7]) Kurtenacker, A., und Bittner, K., Ztschr. f. anorgan. Ch. **142**, 1925, 119; Ztschr. f. analyt. Chem. **68**, 1926, 178.
[8]) Kurtenacker, A., und Goldbach, E., Ztschr. f. anorgan. allgem. Ch. **166**, 1927, 166, 177—189; Chem. Ztrbl. 1928, I, 1793.
[9]) Liebermann, C., und Seyewetz, A., Ber. d. D. chem. Ges. 24 Ref. 1891, 788.
[10]) Votoček, E., und Potmešil, R., Chem. Ztg. **25**, 1901, Rep. 275.

Zur quantitativen Bestimmung dient ziemlich allgemein nur die Xanthogenatreaktion in verschiedenen Ausführungsformen. Der Schwefelkohlenstoff wird hierbei, wenn er rein vorliegt, langsam in alkoholische Kalilauge hineindestilliert, in $CS_2$-armen Gemischen direkt mit der Lauge behandelt, wobei er sich nach folgender Gleichung umsetzt:

$$CS_2 + C_2H_5OK \rightarrow C{=}S \begin{matrix} \diagup SK \\ \\ \diagdown OC_2H_5 \end{matrix}$$

Das entstandene xanthogensaure Kalium kann nun nach Ansäuern mit Essigsäure in Gegenwart von Bikarbonat jodometrisch entsprechend der Gleichung

$$2\,C_3H_6OS_2 + J_2 = 2\,C_3H_5OS_2 + 2\,HJ$$

titriert werden[1]); meist führt man die Xanthogensäure jedoch in schwach essigsaurer Lösung in das Kupfersalz über, wobei mit gestellter Kupfersulfatlösung direkt bis zum Endpunkt der Reaktion getüpfelt (Indikator Ferrozyankalium) oder der Kupferüberschuß mit Titantrichlorid zurücktitriert werden kann.[2])

## Phosphor

Der elementare weiße Phosphor in Mäuselatwergen kann nach einem von Mach und Lederle[3]) angegebenen Verfahren bestimmt werden: Man verreibt 10 g der vorher sorgfältig zu mischenden Probe mit etwa 5 g gebranntem Gips, bringt das so gewonnene trockene Pulver verlustlos in einen etwa 200 ccm fassenden Schüttelzylinder, gibt mit einer Pipette, die mit Hilfe einer Saugpumpe gefüllt wird, 100 ccm Schwefelkohlenstoff hinzu, verschließt sofort und schüttelt in einem Rotierapparat eine Stunde lang. 10 ccm der überstehenden Lösung pipettiert man in ein Becherglas, in dem sich 50 ccm gesättigtes Bromwasser befinden. Die Oxydation des gelösten Phosphors erfolgt bei Zimmertemperatur und kann nach einstündigem Stehen als beendigt angesehen werden. Man verjagt den Schwefelkohlenstoff durch Erhitzen in Wasser ohne Flamme unter kräftigem Rühren, beseitigt die letzten Reste Brom durch kurzes Aufkochen und bestimmt die Phosphorsäure in der üblichen Weise entweder mit Magnesiamischung oder nach dem Lorenzschen Molybdänverfahren. 1 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,2787 g P. 1 g Molybdänniederschlag = 0,01437 mg P. Die Latwergen des Handels enthalten etwa 0,3—0,5 % P. Nach eigenen Erfahrungen ist entwässertes Natriumsulfat dem gebrannten Gips vorzuziehen.

In Phosphorölen läßt sich der Phosphor nach Wörner[4]) durch Oxydation der gesamten Substanz mit rauchender Salpetersäure bestimmen. Zu 5 g Phosphoröl setzt man tropfenweise unter Schütteln 5 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,52). Nach Beendigung der starken Reaktion erwärmt man vorsichtig, bis die lebhafte Entwicklung der braunen Dämpfe vorüber ist, fügt tropfenweise 10 ccm eines Gemisches gleicher Raumteile konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure zu, erwärmt weiter, läßt wieder Salpetersäure zutropfen und erhitzt bis zum Entweichen von $H_2SO_4$-Nebeln. Die Braunfärbung muß verschwunden sein. Der erkaltete Rückstand wird mit 20 ccm Wasser verdünnt, einige Minuten gekocht, mit 80 ccm Wasser und 30 ccm einer 50 %igen Ammonnitratlösung versetzt, auf 80° erwärmt, bis keine Blasen mehr aufsteigen, und die Phosphorsäure mit 25 ccm einer 10 %igen wässerigen Lösung von Ammonmolybdat (für 10—15 mg P berechnet) gefällt. Nach einer halben Minute langem Durchschütteln wird nach 15 Min. der Niederschlag durch Dekantieren mit kaltem Wasser säurefrei gewaschen, in n/2-NaOH gelöst, ein Überschuß von 4—5 ccm Lauge zugegeben, Ammoniak durch Erhitzen ausgetrieben und nach dem Abkühlen unter Zusatz von viel Phenolphthalein mit n/2-$H_2SO_4$ zurücktitriert. 1 ccm Lauge entspricht 0,5536 mg P.

---

[1]) Radcliffe, L. G., J. Soc. chem. Ind. **28**, 1909, 229; Ztschr. angew. Chem. **22**, 1909, 1413.

[2]) Hofmann, A. W., Ber. d. D. chem. Ges. **13**, 1880, 1732; Ztschr. analyt. Chem. **20**, 1881, 125; Grete, E. A., Ztschr. analyt. Chem. **21**, 1882, 133; Liebigs Ann. d. Chem. **190**, 1878, 211; Macagno, J., Ztschr. anal. Chem. **21**, 1882, 133; Gazz. chim. ital. **10**, 1880, 485; Nickels, Chem. News **43**, 148; Schmitz-Dumont, W., Chem. Ztg. **21**, 1897, 487, 510.

[3]) Mach, F., und Lederle, M., Chem. Ztg. **42**, 1918, 491.

[4]) Wörner, E., Pharmaz. Ztg. **53**, 1908, 398.

Zur Analyse von *Werrenpillen, (Phosphorpillen)* läßt man 1 g der im Mörser zerkleinerten Pillen mit Salpetersäure (spez. Gew. 1,52) über Nacht stehen, gibt 3 ccm Schwefelsäure hinzu und verjagt diese am nächsten Tage bei kleinster Flamme bis auf einen kleinen Rest. Dieser muß vollkommen klar sein. Er wird in ein Becherglas von 600 ccm gespült und auf 50 ccm mit Wasser verdünnt. Die Phosphorsäure ist nach Woy[1]) zu bestimmen. Geglühter Niederschlag mal 1,7254 gleich % Phosphor. Voraussetzung bei diesem Verfahren ist die Abwesenheit roten Phosphors.

Kleine Mengen gelben Phosphors bestimmen Korinfski und Golubewa[2]) durch Vergleich der Färbungen, die eine Benzollösung des Phosphors auf $AgNO_3$-Flecken erzeugt.

## Phosphide

Phosphide lassen sich nach Haun[3]) nachweisen, indem man sie mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt und in den Gasraum Streifen hängt, die mit 5%iger alkoholischer $HgBr_2$- oder 5%iger wässeriger $HgCdJ_4$-Lösung getränkt sind.

Zur Bestimmung des wirksamen Phosphidphosphors in Zinkphosphid und zinkphosphidhaltigem Getreide wird der Phosphorwasserstoff durch Erhitzen mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure in Freiheit gesetzt, zu Phosphorsäure oxydiert und in dieser Form gravimetrisch bestimmt. Für die Oxydation sind verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden.[4])

Nur bei Verwendung von überschüssigem Brom, Chlor oder Permanganat geht der Phosphor sofort als Phosphorsäure in Lösung. Bei Verwendung von Silbernitratlösung, die Phosphorwasserstoff ebenfalls quantitativ absorbiert, ist die Oxydation durch nachträglichen Zusatz von Ammoniak und Hydroperoxyd zu vervollständigen.

An einen mit Tropftrichter und Gaseinleitungsrohr versehenen Destillierkolben von 250 ccm wird ein Zehnkugelrohr und an dieses ein Péligotrohr angeschlossen, der Kolben wird mit so viel Substanz beschickt, wie 0,2—0,3 g Phosphid entspricht, das Zehnkugelrohr mit 100 ccm, das Péligotrohr mit 10 ccm 3%iger Silbernitratlösung. Nach Füllung der Apparatur mit Kohlensäure werden unter Umschütteln 50 ccm 20%ige Schwefelsäure eingelassen. Unter andauerndem Durchleiten von Kohlensäure überläßt man je nach Heftigkeit der Reaktion den Kolbeninhalt zunächst eine Weile sich selbst oder erhitzt gleich, anfangs sehr langsam mit Sparflamme, später zum Kochen, bis der Dampf eben in das Zehnkugelrohr eintritt. Man erhitzt bis zu einer Stunde. Der Inhalt des Zehnkugelrohrs wird in ein Becherglas gespült, mit 5 ccm konzentriertem Ammoniak und destilliertem Wasser nachgespült und nach dem Erhitzen auf dem Wasserbad drei- bis fünfmal mit je 5 ccm 3%igem Hydroperoxyd versetzt. Nach weiterem halbstündigem Erhitzen dekantiert man vom Silberniederschlag, löst diesen in möglichst wenig konzentrierter Salpetersäure und erhitzt die vereinigten Flüssigkeiten bis zu völliger Klarheit. Nach Fällung des Silbers mit Ammonchloridlösung und Klärung der Lösung wird filtriert und ausgewaschen. In Filtrat und Waschwässern läßt sich nach Einengen auf etwa 150 ccm die Phosphorsäure als Magnesiumpyrophosphat wie üblich bestimmen. $Mg_2P_2O_7 \cdot 1{,}158$ = Zinkphosphid.

Weniger zeitraubend ist die Methode von Gemmell und Archbutt[5]), welche die Oxydation des Phosphorwasserstoffs mit Bromwasser vorschreibt. Das Ableitungsrohr des Destillierkolbens ist mit drei Waschflaschen verbunden, von denen die beiden ersten mit Brom und Wasser, die dritte nur mit Bromwasser beschickt sind. Statt der drei Waschflaschen kann auch ein genügend großes Zehnkugelrohr genommen werden. Am Schluß der Analyse wird der Inhalt der Waschflaschen in ein Becherglas gespült, das Brom durch Kochen verjagt, die Lösung etwas eingeengt und die Phosphorsäure als Magnesiumpyrophosphat bestimmt.

Über *gasanalytische* Bestimmung des Phosphorwasserstoffs siehe Reckleben.[6])

---

[1]) Woy, Treadwell F. P., 6. Aufl., II, 367.

[2]) Korinfski, A. A., und Golubewa, S. F., Betriebs-Lab. 5, 1936, 23—24 (russ.); Chem. Ztrbl. 1936, II, 657.

[3]) Haun, Chem. Ztg. **60**, 1936, 684.

[4]) Reckleben, H., Ztschr. f. analyt. Chem. **54**, 1915, 308.

[5]) Gemmell, W., und Archbutt, S. L., J. Soc. Chem. Ind. **27**, 1908, 427.

[6]) Reckleben, H., Ztschr. f. analyt. Chem. **54**, 1915, 241.

## Fluorverbindungen

Kieselfluorwasserstoffsaure Salze analysiert man nach Schucht und Möller[1]) durch Versetzen ihrer Lösung mit einem Überschuß von neutralem Chlorkalzium (25 ccm 4 n $CaCl_2$-Lösung) und Titration unter Benutzung von Phenolphthalein:

$$Na_2SiF_6 + 3\,CaCl_2 + 4\,NaOH = 3\,CaF_2 + 6\,NaCl + Si(OH)_4$$
$$1 \text{ ccm n-NaOH} = 47{,}075 \text{ mg } Na_2SiF_6.$$

Das Verfahren eignet sich auch für die Bestimmung von kieselfluorwasserstoffsaurem Natrium in Ködern. Dabei ist die Kalilauge in Abzug zu bringen, die man bei der Bestimmung des Säuregrades des Füllstoffes nach Rammstedt[2]) durch Auszug von 10 g des Materials mit 50 ccm absolutem neutralisiertem Alkohol (halbstündiges Schütteln, 24stündiges Stehenlassen) und darauf folgende Titration von 25 ccm abgehobener, klarer Flüssigkeit oder Filtrat mit alkoholischer n/10 KOH ermittelt hat.

Natriumfluorid untersucht Greeff[3]) wie folgt: Eine Auflösung neutralen Fluorsalzes in heißem Wasser (25 ccm) wird nach dem Erkalten nach Zugabe von 20 g NaCl, 5 ccm 20%iger $NH_4CNS$-Lösung mit $FeCl_3$ (100 ccm $FeCl_3$-Lösung sollen 1 g NaF entsprechen) bis zum Auftreten einer hellgelben Färbung titriert. Nach Zugabe von je 10 ccm Alkohol und Äther titriert man unter Umschütteln bis zur Rotfärbung der Ätherschicht zu Ende.

$$6\,NaF + FeCl_3 = Na_3(FeF_6) + 3\,NaCl.$$

Die Fluoridlösung soll gegenüber Phenolphthalein streng neutral sein. Die Titration ist nur bei Mengen F von etwa 0,2 g F aufwärts genau. Nach Lunge-Berl[4]) ist der Farbumschlag wesentlich genauer, wenn man den Ätheralkohol durch Amylalkohol ersetzt. Bei Vorliegen von technischem NaF und Gemischen von NaF, $NaHF_2$ und $Na_2SiF_6$ geht Greeff wie folgt vor:

Eine Lösung von 0,5 g Substanz in 25 ccm heißem Wasser wird in einer Platinschale heiß mit n-NaOH oder bei wenig $Na_2SiF_6$ mit n/10 NaOH gegen Phenolphthalein titriert. Man erhält so $Na_2SiF_6$ und $NaHF_2$ (a). Da das Gesamtfluor danach als NaF vorliegt, titriert man dieses nun wie oben beschrieben (b). Zur Ermittlung des $NaHF_2$ löst man 0,5 g Substanz und 0,5 g KCl in 25 ccm heißem Wasser, kühlt ab, gibt 20 ccm Alkohol zu und titriert gegen Phenolphthalein kalt mit n-NaOH bzw. n/10 NaOH, bis die Rotfärbung einige Minuten stehen bleibt (c). Alkohol und KCl schalten das $Na_2SiF_6$ als unlösliches $K_2SiF_6$ aus. (a — c) ccm n-NaOH wurden für die Verseifung von $Na_2SiF_6$ verbraucht, 1 ccm n-NaOH = 47,075 mg $Na_2SiF_6$. Zieht man das den Salzen $Na_2SiF_6$ und $NaHF_2$ entsprechende NaF von Gesamtfluornatrium (b) ab, so erhält man das in der Substanz vorhandene NaF.

Für die Untersuchung wasserlöslicher Fluorsalze sind die von der American Wood-Preserves Association für Fluornatrium vorgeschriebenen Prüfungsmethoden[5]) beachtenswert, nach denen das NaF als PbClF bestimmt wird. Vgl. auch Smith, Hamilton und Graham.[6])

Technisches NaF analysieren Tananajew und Ssawtschenko[7]) auf NaF, $Na_2SiF_6$, $Na_2CO_3$, $NaHCO_3$ und $SiO_2$ nach einem nur gestellte HCl und NaOH benutzenden volumetrischen Verfahren. Über die titrimetrische Bestimmung des Fluors in löslichen und unlöslichen Fluoriden durch Überführung dieser in $K_2SiF_6$ s. Wassiljeff und Martjanow[8]).

Methoden für die Bestimmung von Fluoriden neben Borsäure und Arsenikalien beschreibt L. Hart.[9])

---

[1]) Schucht, L., und Möller, W., Ber. d. D. Chem. Ges. **39**, 1906, 3693.

[2]) Rammstedt, O., Ztschr. f. angew. Chemie **26**, 1913, 677.

[3]) Greeff, A., Ber. d. D. Chem. Ges. **46**, 1913, 2511.

[4]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 7. Aufl., 1922, Bd. II, S. 578.

[5]) Ztschr. f. angew. Chemie **36**, 1923, 369.

[6]) Smith, C. M., Hamilton, E. H., and Graham, J. J. T., J. Assoc. offic. agric. Chemists **14**, 1931, 253; Chem. Ztrbl. 1931, II, 1908.

[7]) Tananajew, J., and Ssawtschenko, G., S., Chem. J. Ser. B. J. angew. Chem. **7**, 1934, 1071; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4041; 1934, I, 3370.

[8]) Wassiljew, A. A., und Martjanow, N. N., Z. f. analyt. Chem. **103**, 1935, 107—113.

[9]) Hart, L., J. Ind. Eng. Chem. Anal. **1**, 1929, 133; Chem. Ztrbl. 1929, II, 2242.

Kryolith wird nach Greeff[1]) durch zunächst vorsichtiges, dann höheres Erhitzen, zuletzt vor dem Gebläse, von 1 g gebeuteltem Kryolith, 2,5 g gebeutelter Kieselsäure und 6 g $KNaCO_3$ im Platintiegel bis zur ruhig fließenden Schmelze vorbehandelt. Die noch flüssige Schmelze gießt man in 150 ccm Wasser und erwärmt alles unter öfterem Umrühren ½ Stunde auf dem Wasserbade. Die Flüssigkeit wird auf 250 ccm aufgefüllt und 100 ccm Filtrat mit verd. HCl und Phenolphthalein neutralisiert. Man dampft unter ständigem Lufteinleiten auf etwa 50 ccm ein und setzt dabei so lange n-HCl zu, bis auch nach längerem Kochen die Lösung farblos bleibt. Nach dem Abkühlen wird nochmals mit einem Tropfen n-NaOH und n-HCl auf genaue Neutralität geprüft und nach Zugabe von NaCl und $NH_4CNS$ wie oben titriert (s. auch Urech)[2]).

Specht, F.[3]) schließt 0,5 g feinst gepulverten Kryolith mit 1,5 g reinem Quarz und 5 g $KNaCO_3$ im Platintiegel auf und behandelt die Schmelze mit warmem Wasser bis zum völligen Zerfallen. Nach Auffüllen auf 500 ccm werden 200 ccm klares Filtrat mit HCl und $HNO_3$ ganz schwach angesäuert (Methylorange) und auf 60—65° erwärmt. Das Fluor wird darauf durch Zusatz von 40 ccm 10%iger Bleiazetatlösung, die 1%ige freie Essigsäure enthält, gefällt. Den PbClF-Niederschlag löst man in 20 ccm 60%iger $HNO_3$, filtriert in einen 500 ccm Meßkolben, fügt 70 ccm n/10 $AgNO_3$-Lösung hinzu, füllt zur Marke auf und filtriert durch ein trockenes Faltenfilter. 200 ccm Filtrat werden mit 5 ccm $Fe_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4$-Lösung versetzt und mit n/10 $NH_4CNS$-Lösung zurücktitriert. 1 ccm n/10 $AgNO_3$ = 0,0019 g Fluor. Auch andere Fluorverbindungen kann man nach diesem Verfahren untersuchen. Organische Fluorverbindungen schließt Specht mit $Na_2O_2$ in der Burgeß-Parr-Bombe auf. Näheres über $SiO_2$-, $SO_4$-Bestimmungen und anderes im Original.

Im Kryolith bestimmt F. J. Frere[4]) das NaF mit Yttriumnitrat, Na mit Zink-Uranylacetat nach Berber und Kolthoff, $Al_2O_3$ mit 8-Oxychinolin, $H_2O$ durch einstündiges Erhitzen auf 700° bis zur Gewichtskonstanz.

Über die Bestimmung von Silicium, Aluminium und Fluor in Kryolith s. Th. Millner und F. Kunos[5]). Die Überführung des Kryolith in leicht analysierbare Form durch Abrauchen mit Oxalsäure beschreibt Tananajew.[6]) Die Bestimmung von $Na_2SiF_6$ in künstlichem Kryolith, die auf dem Auslaugen von $Na_2SiF_6$ mit Wasser und folgender Titration der wäßrigen Lösung mit Alkali beruht, ergibt infolge der teilweisen Löslichkeit des Kryoliths und der Bildung von HF (Hydrolyse von $AlF_3$) zu hohe Werte, die durch Zugabe von NaF zu der zu titrierenden Lösung vermieden werden. NaF bewirkt volle Unlöslichkeit des Kryoliths.[7])

Bariumsilicofluorid bestimmen Vinas und Save[8]) in insektiziden Pulvern durch Titration einer Mischung von 0,5 g des Pulvers und 200 ccm siedendem Wasser während des Siedens mit n-NaOH und Phenolrot als Indikator, Endfärbung rosa. Die Titration verläuft wegen der geringen Löslichkeit des $BaSiF_6$ nur langsam; 1 ccm n-NaOH = 0,0698 g $BaSiF_6$. Bei Gegenwart von $Na_2SiF_6$ werden 10 g der Probe 2 Stunden lang mit 100 ccm $H_2O$ unter öfterem Umschütteln stehen gelassen und 20 ccm Filtrat mit n/10-NaOH titriert (1 ccm n/10-NaOH = 4,708 mg $Na_2SiF_6$).

Als $BaSO_4$ bestimmt man $BaSiF_6$ durch ½stündiges Kochen einer Mischung von 0,5 g Substanz, 20 ccm HCl, 50 ccm $H_2O$, Auffüllen auf 500 ccm und Fällung des Ba als $BaSO_4$ in 200 ccm Filtrat. A. Bonis[9]) beschreibt ein Verfahren, das im Aufschluß des $BaSiF_6$ mit

---

[1]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 7. Aufl., 1922, Bd. II, S. 576.

[2]) Urech, P., Chemiker-Ztg. **57**, 1933, 855.

[3]) Specht, F., Z. anorg. allg. Chem. 231, 181, 1937; Chem. Ztrbl. 1937, II, 1411.

[4]) Frere, F. J., Ind. Eng. Chem. Anal., **6**, 1934, 124; **5**, 1933, 17; Chem. Ztrbl. 1934, II, 988; 1933, I, 3981; 1928, II, 589.

[5]) Millner, Th., und Kunos, F., Z. f. analyt. Chem. **90**, 1932, 161—170.

[6]) Tananajew, I., Ukrain. chem. Journ. **5**, 1930, 87—111; Chem. Ztrbl. 1930, II. 1579.

[7]) Borkowski, A. A., and Porfirew, N. A., Chem. J. Ser. B. J. angew. Ch.; Chem. Ztrbl. 1936, I, 2595.

[8]) Vinas, J., and Save, J., Ann. Falsificat. Fraudes **29**, 1936, 152; Chem. Ztrbl. 1936, II, 1232.

[9]) Bonis, A., Ann. Falsificat. Fraudes **28**, 1935, 401; Chem. Ztrbl. 1936, I, 1945.

$KNaCO_3$ und Bestimmung von $SiO_2$ und $CaF_2$ besteht. $BaSiF_6$ an Äpfeln ermittelt Carter[1]) durch 30 Sekunden langes Eintauchen von 20 Äpfeln in siedende 3 %ige NaOH und Bestimmung des Ba als Sulfat in der angesäuerten Lösung.

Hawley[2]) scheidet das Fluor aus Mineralien nach einer Schmelze mit $KNaCO_3$ als PbClF ab und bestimmt das Chlor in dem abgeschiedenen Niederschlag mit gestellter $AgNO_3$-Lösung.

Über die Titration des Fluors mit Aluminiumsalz-Ceronitrat und Borsäurelösungen s. Kurtenacker und Jurenka[3]); mit Kieselsäure Siegel[4]); mit Titansalzen Steiger[5]) Fresenius, Schröder und Frommes[6]), Goldenberg[7]), Korenmann[8]).

Über die Bestimmung des Fluor in fluoridhaltigen Spritzrückständen durch Titration mit $Th(NO_3)_4$-Lösung und Na-Alizarinsulfonat als Indikator vgl. Hoskins und Ferris[9]). Fluor in Pflanzen titrieren O. B. Winter und L. Butler[10]), mit $Th(NO_3)_4$ und Zirkon-Alizarin als Indikator; s. a. Mayrhofer und Wasitzki[11]) . Mikrochemischer Nachweis: Kühnel-Hagen.[12])

Über maßanalytische Ermittlung des Fluors in Fluoriden durch Überführung in $SiF_4$ und $H_2SiF_6$ nach Penfield vgl. Treadwell und Koch[13]); Treadwell[14]) (Quantitative Analyse); Lunge-Berl[15]); (Vereinfachtes Penfieldsches Verfahren Rasanow)[16]); Gasvolumetrische Bestimmung nach Öttel s. Hempel[17]).

Über die Bestimmung des Fluors in Holz vgl. Rütgerswerke[18]); über Nachweis im Wein Balavoine[19]).

Kolorimetrische Bestimmungsmethoden: Foster[20]); Armstrong[21]); O. M. Smith und H. Dutcher[22]); Peyrot[23]).

Einen Überblick über die Methoden gibt die Ztschr. f. anal. Chem.[24]). Vgl. weiterhin[25]).

---

[1]) Carter, R. H., Ind. Engin. Chem. Analyt. Ed. **3**, 1931, 146.

[2]) Hawley, F. G., Ind. Eng. Chem. **18**, 1926, 573; Z. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 403.

[3]) Kurtenacker, A., und Jurenka, W., Z. f. analyt. Ch. **82**, 1930, 211.

[4]) Siegel, W., Angew. Ch. **42**, 1929, 856.

[5]) Steiger, G., J. am. Soc. **30**, 1908, 219.

[6]) Fresenius, L., Schröder, K., und Frommes, M., Z. f. analyt. Ch. **73**, 1928, 63.

[7]) Goldenberg, J. D., Z. f. angew. Ch. (russ.) **8**, 1932, 1088.

[8]) Korenmann, I. M., Z. f. anorg. Ch. **216**, 1933, 33.

[9]) Hoskins, W. M., and Ferris, C. A., Ind. Engin., Chem., Analyt. **8**, 1936, 6; Chem. Ztrbl. 1936, I, 3393.

[10]) Winter, O. B., and Butler L., J. Ass. off. agric. Chemists **16**, 1933, 105; Armstrong, W. D., J. Amer. chem. Soc. **55**, 1933, 1741; Willard, H. H., and Winter, O. B., Ind. Engin., Chem. Analyt. **5**, 1933, 7; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3982.

[11]) Mayrhofer, A., und Wasitzki, A., Biochem. Ztschr. **204**, 1929, 62—77; Chem. Ztrbl. 1929, I, 1361.

[12]) Kühnel-Hagen, S., Mikrochemie **15** (N. F. 9), 1934, 313; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3530.

[13]) Treadwell, F. P., und Koch, A. A., Ztschr. f. anal. Chem. **43**, 1904, 469.

[14]) Treadwell, F. P., II, 6. Aufl. 1913, 401.

[15]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Aufl. 7, Bd. I, S. 885; Bd. II, S. 578, 1143.

[16]) Rasanow, S. N., Chem. Ztrbl. 1935, II, 1242.

[17]) Hempel, W., Gasanalytische Methoden 3. Aufl., S. 342.

[18]) Chem. Ztg. **56**, 1932, 731.

[19]) Balavoine, P., Mitt. Lebensm. Hyg. **24**, 1933, 180; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1102.

[20]) Foster, M. D., J. Am. Chem. Soc. **54**, 1932, 4464; Chem. Ztrbl. 1933, I, 463.

[21]) Armstrong, W. D., Ind. Eng. Chem. Anal. **5**, 1933, 315; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3317.

[22]) Smith, O. M., and Dutscher, H., Ind. Eng. Chem. Anal. **6**, 1934, 61; Chem. Ztrbl. 1934, I, 3089.

[23]) Peyrot, E., Ann. Chim. applicata **24**, 1934, 74; Chem. Ztrbl. 1934, II, 475.

[24]) Z. f. analyt. Chem. **91**, 1932, 81.

[25]) Chem. Ztrbl. 1930, I, 3082; 1933, I, 817, 974; 1933, II, 1556; 1934, I, 3239.

## Natriumchlorat

Natriumchlorat kann unter einer Kohlensäureatmosphäre durch Reduktion mit gestellter saurer Ferrosulfatlösung unter Zurücktitration des überschüssigen Ferrosulfats mit n/10-$KMnO_4$ bestimmt werden.[1]) Man löst 4 g Natriumchlorat zu 1 Liter und bringt 10 ccm in einen Ventilkolben, woraus die Luft durch Einleiten von Kohlensäure verdrängt wurde, fügt 50 ccm einer frisch titrierten sauren Ferrosulfatlösung hinzu, die aus 300 ccm Wasser, 100 ccm konz. Schwefelsäure und etwa 30 g pulverisiertem kristallisiertem Eisenvitriol unter Auffüllen zum Liter bereitet wird, und kocht 10 Minuten. Dabei findet folgende Reaktion statt:

$$NaClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 = NaCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H^2O.$$

Nach dem Erkalten verdünnt man mit ausgekochtem kaltem Wasser und fügt 10 ccm einer Lösung hinzu, die aus 67 g krist. Mangansulfat in 540—600 ccm Wasser, 138 ccm Phosphorsäure (D = 1,7) und 130 ccm konz. Schwefelsäure (D = 1,82) unter Auffüllen zum Liter bereitet wird. Den Überschuß des Ferrosulfats titriert man mit n/10-$KMnO_4$ zurück. Die Differenz des Permanganatverbrauches von 50 ccm Ferrolösung und des Permanganatverbrauches bei der Analyse dividiert durch die Einwaage und multipliziert mit 17,75 ergibt den Prozentgehalt an $NaClO_3$.

Peters und Deutschländer[2]) geben eine einfachere bromometrische Bestimmung von Chloraten an. Eine Lösung von Chlorat mit nicht über 0,05 g $ClO_3$ wird mit 25 ccm n/10-$As_2O_3$-Lösung und 10 ccm verdünnter HCl versetzt. Nach Zugabe von 0,05—0,1 g KBr kocht man bei kleiner Flamme 10 Minuten lang, verdünnt auf 100 ccm und titriert die heiße Flüssigkeit nach Zugabe von 1 Tropfen Methylorangelösung mit n/10-$KBrO_3$-Lösung auf farblos. 1 ccm n/10-$As_2O_3$ = 2,043 mg $KClO_3$.

Zur Bestimmung des *Chlorates neben Perchlorat* in Unkrautbekämpfungsmitteln kann ein für Salpeteruntersuchungen gedachtes Verfahren von Scharrer[3]) dienen, das die quantitative Reduktion von Chlorat und Perchlorat im Schmelzfluß durch Cu und die einseitige Reduktion von Chlorat in $HNO_3$-Lösung durch Mg benutzt. Die Substanz mit nicht mehr als 0,8 g Chlorat wird in 200 ccm Wasser, 50 ccm 10%iger $HNO_3$ und 5 g chlorfreiem Mg von allerfeinster Pulverform 3 Stunden gekocht. Im Filtrat wird das Chlor gefällt. Chlorat und Perchlorat bestimmt man durch Reduktion mit metallischem Cu-Pulver und zieht von dem gefundenen Cl das dem Chlorat entsprechende Cl ab. Die Schmelze wird bereitet, indem 5—10 g eines Gemisches von Natriumnitrat, -chlorat und -perchlorat (von den beiden letzten sollen insgesamt nicht mehr als 10—15% vorhanden sein), im Nickeltiegel mit Deckel vorsichtig mit sehr kleiner Flamme zum Schmelzen gebracht werden. Hierauf trägt man in kleinen Portionen unter Erhitzen mit kleinster Flamme und Umrühren mit einem Glasstabe 5—10 g Cu-Pulver ein. Der Tiegel wird bedeckt mit kleiner Flamme 2 Stunden lang erhitzt. Erst gegen Ende der Arbeit kann die Temperatur gesteigert werden, ohne daß aber der Tiegelboden auf wahrnehmbare Glut gebracht wird. Die Schmelze löst man in Wasser, filtriert vom Kupferoxyd ab, wäscht aus und bestimmt im Filtrat das Chlorion.

Der *Chloratnachweis im Boden* ist von Mach und Herrmann[4]) ausgearbeitet worden. Spuren von Chloraten lassen sich nach Feigl[5]) durch Versetzen eines Gemisches aus 2 Tropfen syrupöser Phosphorsäure (D = 1,70) und 2 Tropfen gesättigter Mangansulfatlösung mit einigen Tropfen der zu prüfenden Lösung und Erhitzen bis zum Kochen in einer Porzellanschale nachweisen. Bei Gegenwart von Chlorat bis zu 0,05 $\gamma$ tritt Violettfärbung auf.

## Äthylenoxyd (B 1)

Nach Äthylenoxyddurchgasungen ist vor Freigabe der Räume die Abwesenheit von Gasresten durch den negativen Ausfall einer Gasrestprobe nachzuweisen. Hierzu wurde anfangs ein Verfahren der I. G. Farbenindustrie mit Aluminiumchlorid und fuchsinschwefliger Säure

[1]) Treadwell, F. P., Quantitative Analyse (VI.), Leipzig u. Wien. 1913, S. 535.
[2]) Peters, K., und Deutschländer, E., Apothekerztg. **41**, 1926, 594.
[3]) Scharrer, K., Ber. Dtsch. Chem. Ges. **59**, 1926, 2746.
[4]) Mach, F., und Herrmann, R., Ztschr. f. Pflanzenernährung A. **12**, 1928, 189.
[5]) Feigl, F., Tüpfelreaktion, Leipzig 1935.

benutzt. W. Deckert[1]) fand, daß diese Methode nicht genügend zuverlässig arbeitet. Er empfiehlt eine mit Hilfe einfacher Geräte leicht und schnell auszuführende Arbeitsweise, die die Bildung von Glykolchlorhydrin aus Äthylenoxyd und Chlorion

$$(CH_2)_2O + NaCl + H_2O = CH_2OH \cdot CH_2Cl + NaOH$$

als Grundlage hat. Von den benutzten Indikatoren zeigen Phenolphthalein 0,1 mg Äthylenoxyd und Bromthymolblau 0,02 mg Äthylenoxyd an. Je nach Wahl des Indikators bedeutet ein negativer Ausfall der Reaktion bei Untersuchung von 200 ccm Luft die bestimmte Abwesenheit von Aethylenoxydmengen, die größer sind als 0,5 mg/l (Phenolphthalein) bzw. 0,1 mg/l (Bromthymolblau). Gegenwart von Ammoniak stört die Reaktion, nicht aber Kohlensäure. Bei Verwendung 40 %iger Kaliumrhodanidlösung an Stelle der ursprünglich verwendeten 22 %igen NaCl-Lösung kann man nach Deckert[2]) schon bei etwa 30°, also durch Erwärmen mit der Hand oder in der inneren Rocktasche binnen 2 Minuten feststellen, ob schädliche Mengen Äthylenoxyd vorhanden sind. Die Verwendung von Bromthymolblau erübrigt sich hierbei, weil die Reaktion durch das Rhodanid bereits viermal empfindlicher geworden ist und weitere Empfindlichkeitssteigerung unnötig ist. Lentz und Gaßner (s. S. 458) geben unter genauer Beschreibung des Gerätes und der Chemikalien folgendes amtlich als zuverlässig anerkanntes (Runderlaß des Reichs- und Preußischen Ministers d. Innern v. 4. 3. 35; M. Bl. i. V. 1935, Nr. 11) Verfahren an: 100 ccm Luft werden mit einer Saugspritze angesogen und langsam durch 1 ccm einer wasserklaren, mit einem Tropfen Phenolphthaleinlösung versetzten 40 %igen Rhodankaliumlösung hindurchgedrückt. Hat die Reagenzflüssigkeit, die Zimmertemperatur (etwa 20°) haben soll, 2 Minuten nach beendetem Durchleiten der Luft sich nicht rot oder auch nur schwachrosa verfärbt, ist in der untersuchten Luft keine bedenkliche Äthylenoxydkonzentration mehr vorhanden.

Lubatti[3]) ändert das Deckertsche Verfahren ab, indem er das zu untersuchende Gas 30 Sekunden mit einer fast gesättigten Lösung von $MgCl_2$ (in einer späteren Arbeit mit $MgBr_2$)[4]) und 0,5 n-$H_2SO_4$ behandelt, das Reaktionsgefäß mit 25—30 ccm Wasser ausspült und mit 0,05 n-NaOH titriert. Ein etwaiger Säureverbrauch des $MgCl_2$ wird durch Blindversuch ermittelt. 1 ccm 0,05 n-NaOH = 2,202 mg Äthylenoxyd. Weiterhin benutzt Lubatti ein abgeändertes Bichromatverfahren nach Müller.

Fingerzeige zur Aufstellung der Geräte und Berechnung der Gaskonzentration geben Page und Lubatti.[5])

## Formaldehyd

Von den zahlreichen Verfahren[6]) für die Bestimmung des Formaldehyds in Formalin können hier nur die drei gebräuchlichsten, die *Wasserstoffsuperoxydmethode* von Blank und Finkenbeiner[7]), die *Natriumsulfitmethode* von Lemme[8]) und die *Jodidmethode* von Romijn[9]) genannt werden. Den drei Arbeitsweisen entsprechen folgende Reaktionen:

1. $2HCHO + 2NaOH + H_2O_2 = 2HCOONa + 2H_2O + H_2$,
2. $HCHO + Na_2SO_3 + H_2O = HCHOH \cdot SO_3Na + NaOH$,
3. $2J + 2NaOH = NaOJ + NaJ + H_2O$,
   $HCHO + NaOJ + NaOH = HCOONa + NaJ + H_2O$.

[1]) Deckert, W., Ztschr. f. angew. Chem. **45**, 1932, 559; vgl. Amtl. Pflanzenschutzbest. Bd. V, 64.

[2]) Deckert, W., Ztschr. f. angew. Chem. **45**, 1932, 758.

[3]) Lubatti, O. F., J. Soc. Chem. Ind.; Chem. and Ind. **51**, 1932, Trans 361; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1485.

[4]) Lubatti, O. F., J. Soc. Chem. Ind. **54**, 1935, Trans 424—426; Chem. Ztrbl. 1936, II, 2432.

[5]) Page, A. B. P., und Lubatti, O. F., J. Soc. chem. Ind.; Chem. and Ind. **52**, 1933, 309.

[6]) Vgl. Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 424.

[7]) Blank, O., und Finkenbeiner, H., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **31**, 1898, 2979; Ztschr. f. analyt. Chem. **39**, 1900, 62.

[8]) Lemme, G., Chem. Ztg. **27**, 1903, 896.

[9]) Romijn, G., Ztschr. f. analyt. Chem. **36**, 1897, 18.

*Wasserstoffsuperoxydverfahren*. Etwa 3 g Formalin werden in einem Wägeröhrchen genau abgewogen und mit dem Röhrchen zu 25 ccm kohlensäurefreier 2n-Natronlauge in einem 500 ccm-Erlenmeyerkolben gegeben. Sofort darauf gibt man 50 ccm 3 %iges Wasserstoffsuperoxyd unter Umschwenken im Verlauf von 3 Minuten hinzu. Nach einer Stunde wird der Überschuß an Lauge mit n-Schwefelsäure (Indikator reines Lakmus oder Neutralrot) zurücktitriert. Azidität von Formaldehyd und Wasserstoffsuperoxyd sind mit n/10 Lauge festzustellen und bei der Berechnung zu berücksichtigen. Es ist stets kohlensäurefreies Wasser zu verwenden. 1 ccm 2n Natronlauge = 0,06 g Formaldehyd.

Volumprozente, d. h. Gramm in 100 ccm werden aus den festgestellten Gewichtsprozenten vermittels des spez. Gew., das im Pyknometer bei 15° zu bestimmen ist, errechnet.[1])

Bei mehreren Bestimmungen ist es zweckmäßiger, eine größere Menge Formalin (etwa 30 g) genau abzuwägen, auf 250 ccm zu bringen und davon je 25 ccm zu verwenden. Bei der nachstehenden Sulfitmethode sind dann bei dem blinden Versuch die entsprechenden Verdünnungen zu berücksichtigen.

Bodnár und Gervay[2]) untersuchten nach diesem Verfahren verschiedene formaldehydhaltige Beizmittel.

*Sulfitverfahren*. Eine Auflösung von etwa 3 g Formalin (genau abgewogen) in 50 ccm frisch bereiteter, 25,2 g $Na_2SO_3 + 7H_2O$ in 100 ccm enthaltender Sulfitlösung (ungefähr n-Sulfitlösung) wird in einer Stöpselflasche nach 10 Minuten langem Stehen mit n-HCl nach Zugabe von 3 Tropfen 0,1 %iger alkoholischer Phenolphthaleinlösung (nicht mehr!) auf farblos titriert. Da Natriumsulfitlösung infolge hydrolytischer Spaltung des Salzes alkalisch reagiert, ist eine Korrektur des gefundenen Wertes nötig, die durch einen blinden Versuch ermittelt wird. Dafür sind Sulfitgehalt und Volumen der Lösung nach der Titration maßgebend. Sind z. B. bei einer Bestimmung 24,0 ccm n-HCl verbraucht worden, so würde man 26,0 ccm der Sulfitlösung auf etwa 24 ccm, dem Endvolumen der Titrationsflüssigkeit, bringen und nach Zugabe von 3 Tropfen 0,1 %iger Phenolphthaleinlösung mit n-HCl titrieren, wozu z. B. 0,4 ccm nötig wären. Zur Neutralisation der entstandenen Natronlauge waren demnach 23,6 ccm n-HCl erforderlich. 1 ccm n-HCl = 0,03 g HCHO[3]). Sofern man die Lösung vor der Titration mit NaCl sättigt, ist die Vornahme des blinden Versuches nicht nötig.[4]) Der geringe Säuregehalt der der Analyse unterliegenden Formalinlösung ist mit n/10 NaOH zu bestimmen und, auf n/1 HCl umgerechnet, den verbrauchten Kubikzentimetern n-HCl hinzuzuzählen. Natriumsulfit mit $Na_2CO_3$-Gehalt, wie es zuweilen im Handel vorkommt, ist für die Bestimmung unbrauchbar. Die schwach bläuliche Mischung von 12 ccm n-Sulfitlösung, 80 ccm Wasser und 3 Tropfen 0,1 %iger Thymolphthaleinlösung (in 50 %igem Alkohol) soll sich bei einwandfreiem Natriumsulfit auf Zusatz von 1 Tropfen n/10 HCl entfärben.[5]) Über die Verwendung von Thymolphthalein bei Formaldehydtitrationen siehe Täufel und Wagner.

Bodnár und Gervay nehmen bei der Untersuchung von Beizmitteln nach dieser Methode als Titrationssäure $H_2SO_4$ und als Indikator 3 Tropfen Rosolsäure (0,1 g Rosolsäure in 50 ccm 50 %igem Alkohol).

*Jodverfahren*. Homologe des Formaldehyds und Ketone dürfen dabei nicht zugegen sein. Ferner ist alkoholfreie Natronlauge, am besten aus Natrium hergestelltes Ätznatron zur Bereitung der Lauge zu verwenden. Auch ist starkes Ansäuern zu vermeiden. Zu 20 ccm 8 %iger Natronlauge gibt man 10 ccm Formaldehydlösung (25 ccm Formaldehyd auf 1 l Wasser verdünnt) und läßt dazu 50 ccm n/5 Jodlösung fließen. Nach 3 Minuten wird mit 25 ccm 10 %iger Schwefelsäure versetzt und mit n/10 Natriumthiosulfatlösung zurücktitriert. Indikator Stärkelösung. 1 ccm n/10 Jodlösung = 0,0015 g Formaldehyd.[6])

---

[1]) Fresenius, W., und Grünhut, L., Ztschr. f. analyt. Chem. **44**, 1905, 13; Mach, F., und Herrmann, R., Ztschr. f. analyt. Chem. **62**, 1923, 104; **63**, 1923, 417.

[2]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chemie **80**, 1930, 127.

[3]) Auerbach, F., Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt **22**, 1905, 588.

[4]) Täufel, K., und Wagner, C., Ztschr. f. analyt. Chem. **68**, 1926, 25.

[5]) Chem. Ztg. **52**, 1930, 502.

[6]) König, J., Untersuchung landw. wichtiger Stoffe V, Bd. II, 362; Auerbach, F. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt **22**, 1905, 591.

Als störend wirkende Verunreinigungen von Formaldehydpräparaten sind besonders Azeton und Azetaldehyd zu nennen. Eine Beimischung von je 4% Azeton oder Azetaldehyd verursacht bei der Sulfitmethode eine Erhöhung des Befundes von 1% bzw. 2%, bei der $H_2O_2$-Methode dagegen keine wesentliche Veränderung. F. Mach und R. Herrmann[1]) empfehlen daher, die Bestimmung des Formaldehyds in den Handelspräparaten stets nach dem Wasserstoffsuperoxyd- und Sulfitverfahren durchzuführen. Bei nicht wesentlich verunreinigten Formaldehyden geben beide Methoden gute übereinstimmende Werte.

Liegt dagegen der nach dem Sulfitverfahren gefundene Wert zu hoch, so empfiehlt es sich, das fragliche Präparat auf Azeton bzw. Azetaldehyd vermittels der Jodoformreaktion[2]) zu prüfen und bei positivem Befund nach einem besonderen Jodverfahren zu arbeiten, das den Formaldehyd noch hinreichend genau zu bestimmen gestattet.[3])

Über die Bestimmung des Formaldehyds in unreinen Lösungen nach der Romijnschen Zyankaliummethode siehe Kühl.[4])

Zur Untersuchung von *Formaldehydseifenlösungen* geben H. Kreis und P. Wermuth[5]) folgende drei Verfahren an:

5 g Seifenlösung werden mit verdünnter $H_2SO_4$ angesäuert und mit Dampf 100 ccm abdestilliert, in 50 ccm filtriertem Destillat wird $CH_2O$ jodometrisch bestimmt. Einfacher ist es, aus 50 g Seifenlösung nach Zusatz von 50 ccm Wasser, 20 ccm verdünnter $H_2SO_4$ und etwas Bimssteinpulver ohne Einleiten von Dampf 100 ccm abzudestillieren. Noch praktischer ist folgendes Verfahren: 20 g Seifenlösung, 120 ccm Wasser versetzt man mit 25 ccm 5%iger Lösung von wasserfreiem $CaCl_2$, bringt auf 200 ccm und bestimmt in 20 ccm Filtrat den $CH_2O$ jodometrisch.

Der *Methylalkohol* in Formaldehydlösungen läßt sich nach Blank und Finkenbeiner[6]) wie folgt bestimmen: 1 g Formaldehydlösung wird in einem Wägegläschen abgewogen und in ein Gemisch von 50 ccm 2n-Chromsäurelösung (66,86 g Chromsäure im Liter) und 20 ccm reiner Schwefelsäure eingetragen. Nach 12 Stunden langem Stehen verdünnt man auf 1 Liter und titriert 50 ccm davon nach Zugabe von wenig Kaliumjodid mit n/10 Thiosulfatlösung.

$$HCHO + O_2 = CO_2 + H_2O$$

$$CH_3OH + 3\,O = CO_2 + 2\,H_2O.$$

Angewandter Sauerstoff: 0,8 g; übrig gebliebener Sauerstoff nach der Reaktion: 0,016 g mal Anzahl verbrauchter ccm Thiosulfatlösung. Differenz = verbrauchter Sauerstoff im Ganzen (a). Zur Oxydation von Formaldehyd verbrauchter Sauerstoff: $\frac{32 \cdot \frac{\%\text{-Gehalt}}{100}}{30}$ (b).

Zur Oxydation von Methylalkohol verbrauchter Sauerstoff: a — b · Prozent Methylalkohol $= \frac{32\,(a - b) \cdot 100}{48}$. Ein anderes auf der Umsetzung des Formaldehyds durch Alkali im Methylalkohol und Ameisensäure bzw. ameisensaures Natron beruhendes Verfahren.[7])

Der *Ameisensäuregehalt* des Formaldehyds, der gewöhnlich zwischen 0,02—0,12% liegt, läßt sich durch Titration mit n/100 Lauge bestimmen.

*Paraformaldehyd* wird nach dem oben genauer beschriebenen Sulfitverfahren untersucht. Ein gravimetrisches Verfahren durch Fällung des Formaldehyds mit Dimethylhydroresorcin (Dimedon) als Methylendimedon, $C_{17}H_{24}O_4$ beschreiben M. Jonescu und Corneliu Bodea.[8])

---

[1]) Mach, F., und Herrmann, R., Ztschr. f. analyt. Chem. **62**, 1923, 116, 130.

[2]) Ausführung Mach, F., und Herrmann, R., Z. f. analyt. Chem. **62**, 1923, 130.

[3]) Mach, F., und Herrmann, R., Z. f. analyt. Chem. **63**, 1923, 434.

[4]) Kühl, F., Chem. Ztrbl. 1922, IV, 693.

[5]) Kreis, H., und Wermuth, P., Schweizer Apoth. Ztg. **61**, 1923, 145—146, 223; Chem. Ztrbl. 1923, II, 1168.

[6]) Blank, O., und Finkenbeiner, H., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **39**, 1906, 1326.

[7]) Ztschr. f. analyt. Chem. **39**, 1904, 63.

[8]) Jonescu, M., und Corneliu Bodea, Bull. soc. chim. France **47**, 1930, 1408; Chem. Ztrbl. 1931, I, 1487.

In großer Verdünnung lassen sich kleine Formaldehydmengen durch Kondensation mit β-Naphthol nachweisen sowie gravimetrisch oder titrimetrisch bestimmen (Fosse, Thomas und de Graeve).[1] Über die Bestimmung von Formaldehyd in Präparaten mit verschiedenen organischen und anorganischen Beimengungen gibt O. Heim[2]) ein Verfahren an.

## Blausäure und Zyanide

Die Bestimmung gasförmiger Blausäure bis herunter zu sehr geringen Konzentrationen ist durch ein von Wieland angegebenes, von Flury und Heubner[3]) beschriebenes Verfahren möglich, das auf der Umsetzung mit Jod in Gegenwart von Bikarbonat beruht:

$$HCN + 2\,J = JCN + HJ.$$

Eine handliche Apparatur dafür beschrieb Freymuth.[4]) Man saugt durch 0,1 n-, 0,01 n- oder 0,001 n-Jodlösung, die mit Stärke und Bikarbonat versetzt ist, die blausäurehaltige Luft und mißt das Volumen, das gerade zur Entfärbung notwendig ist. Bei HCN-Konzentrationen von 0,1—0,5% genügen 10 ccm 0,001 n-Jodlösung, 1 ccm 1%iger $NaHCO_3$-Lösung und 10 Tropfen 0,5%iger Stärkelösung. In diesem Falle sind mg HCN/Liter = 135 div. durch verbr. Gasvolumen in ccm. Bei sehr geringen Konzentrationen saugt man entsprechend größere Mengen Luft durch entsprechend weniger Jodlösung.

Nach Durchgasung bewohnter Räume mit Blausäure muß ein Gasrestnachweis geführt werden. Von verschiedenen schnell verlaufenden und handlichen, jedoch nicht streng spezifischen Reaktionen[5]) gilt als brauchbarste die Benzidin-Kupferazetatreaktion, die Moir[6]), sowie Pertusi und Gastaldi[7]) eingehend geprüft haben. Unmittelbar vor Anstellung des Gasrestnachweises wird ein Fließpapierstreifen mit frisch bereitetem Reagenz getränkt. Dieses erhält man durch Mischen gleicher Teile von Lösung I (2,86 g Kupferazetat im Liter) und Lösung II (475 ccm bei Zimmertemperatur gesättigte Benzidinazetatlösung und 525 ccm Wasser). Das von der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung (Degesch) benutzte Blausäurenachweisgerät enthält außer beiden Lösungen und dem notwendigen Gerät die Vergleichsfarbmuster. Die Gebrauchsanweisung schreibt vor, gleiche Mengen der Lösungen zu mischen, 6 Fließpapierstreifen mit der Mischung zu befeuchten, jeden Streifen in ein besonderes Glasrohr zu stecken und zuzustopfen. Man entnimmt zunächst einen der frisch bereiteten Streifen in dem zu prüfenden Raum, der übrigens vor der Prüfung mindestens 1 Stunde geschlossen sein muß, und beobachtet die nach 10 Sek. entstandene Blaufärbung. Da eine ganz leichte Blaufärbung häufig auch dann schon eintritt, wenn nur noch sehr geringe, für die menschliche Gesundheit ungefährliche Blausäurereste vorhanden sind, ist amtlich[8]) verfügt worden, in der vorgeschriebenen Ausrüstung ein Farbtäfelchen mit drei verschiedenen Farbmustern mitzuführen. Eine Freigabe der zum dauernden Aufenthalt dienenden Räume darf nicht erfolgen, sobald bei einer Einwirkungszeit von 10 Sek. die Verfärbung des Fließpapierstreifens den Farbton des am schwächsten gefärbten Musters noch übersteigt. Nach Durchgasung von zu gewerblichen Betrieben dienenden Räumen darf in 10 Sek. die Verfärbung des Streifens den Farbton des mittleren Musters nicht überschreiten. Die Farbtäfelchen liefern die Degesch, Frankfurt a. M., die Heerdt-Lingler G. m. b. H., Frankfurt a. M. und Tesch und Stabenow, Hamburg. Die Prüfung ist unter Bevorzugung der sog. Gefahrstellen (toten Winkel) an möglichst verschiedenartigen Stellen zu wiederholen.

---

[1]) Fosse, R., Thomas, P. E., und de Graeve, P., C. R. Séances Ac. Sci. **200**, 1935, 1450—54; **201**, 1935, 105—109; Chem. Ztrbl. 1935, II, 727; 1936, I, 1275.

[2]) Heim, O., Ind. Engin. Chem. Analyt. **1**, 1929, 128; Chem. Ztrbl. 1929, II, 1569.

[3]) Flury, F., und Heubner, W., Biochem. Ztschr. **95**, 1919, 253.

[4]) Freymuth, A., Chem. Ztg. **43**, 1919, 674.

[5]) Vgl. z. B. François, M. Th., et Lafitte, N. Bull. Soc. Chim. biol. **17**, 1935, 1088—96; Chem. Ztrbl. 1936, II, 1395.

[6]) Moir, J., Chem. Ztrbl. 1910, II, 688.

[7]) Pertusi, C., und Gastaldi, E., Chem. Ztg. **37**, 1913, 609.

[8]) Amtl. Pflanzenschutzbest. Bd. VI, 1934, S. 43.

Nach Sieverts und Hermsdorf[1]) erhält man die Blaufärbungen, die bestimmte Mengen Blausäure geben, bei Zimmertemperatur und bei 0° gleichmäßig gut. Ammoniak und Formaldehyd in nicht zu großen Mengen verhindern den Blausäurenachweis nicht. Bromessigester und Chlorkohlensäureester stören nach Sieverts und Rehm[2]) bei normaler Beobachtungszeit nicht. Durch oxydierende Gase in der Luft könnte Blausäure allerdings vorgetäuscht werden.

Die Bestimmung von Zyan in Natrium- und Kaliumzyanid erfolgt nach Journ. Assoc. off. agric. Chemists 10, 27; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1378, indem 5 g pulverisierte Substanz im 500-ccm-Kolben in 200 ccm Wasser gelöst werden. Nach Zusatz von etwas $PbCO_3$ zur Fällung etwa vorhandenen Sulfidschwefels füllt man auf, filtriert und titriert 50 ccm Filtrat nach Zugabe von 200 ccm Wasser, 5 ccm 10%igem NaOH und 10 Tropfen gesättigter KJ-Lösung mit n/10-$AgNO_3$-Lösung bis zur schwachen Opaleszenz. 1 ccm Silberlösung = 5,202 mg CN.

Für die Chlorbestimmung in NaCN und KCN werden folgende Methoden angegeben.

1. 50 ccm der entschwefelten Lösung werden nach Verdünnen mit 50 ccm Wasser mit 1—2 ccm 40%igem Formalin versetzt und nach kräftigem Umrühren $\frac{1}{4}$ Stunde stehen gelassen. Darauf erfolgt Ansäuern mit 5 ccm $HNO_3$ (1 : 1), Zugabe eines gemessenen Überschusses n/10-$AgNO_3$-Lösung und nach gutem Umrühren Filtration und Auswaschen des Filters. Man titriert den $AgNO_3$-Überschuß mit n/10-Rhodanidlösung gegen Eisenalaunindikator und berechnet Cl aus angewandter Menge $AgNO_3$ weniger verbrauchte Menge Rhodanid.

2. 50 ccm der entschwefelten Lösung werden nach Verdünnen mit 50—100 ccm Wasser und Ansäuern mit Essigsäure im Wasserdampfstrom destilliert, bis mindestens 50 ccm Destillat übergegangen sind. Im Kolbenrückstand bestimmt man Cl wie unter 1.

Für die Bestimmung von CN und Cl in *Kalziumzyanid* füllt man in einen 500 ccm Meßkolben durch einen langen Trichter ohne Benetzung des Kolbenhalses 200 ccm Wasser und spült sehr schnell 5 g Substanz in den Kolben. Nach Umschütteln bis zur Lösung des Zyanids und Zersetzung etwa vorhandenen Kalziumkarbids werden 25 ccm Bleikarbonatzubereitung (20 g Bleiazetat gelöst auf 1 Liter und versetzt mit 200 g Cl-freiem $Na_2CO_3$) zugegeben. Nach halbstündigem Schütteln des verschlossenen Kolbens füllt man auf, filtriert durch ein trockenes Filter und bestimmt CN und Cl in je 50 ccm Filtrat nach Angabe unter NaCN und KCN . $Ca(CN)_2$ = % CN · 1,7702.

Bicskei[3]) bestimmt das Zyan in Zyanidlösungen durch Versetzen mit 5—10 ccm n-NaOH und einem Überschuß von n/10-NaOCl-Lösung. Nach Zugabe von 1—2 g KJ säuert man mit verdünnter HCl an und titriert das ausgeschiedene Jod sofort mit n/10-Thiosulfatlösung. Eine n/10-NaOCl-Lösung wird durch 5—10 Min. langes Überleiten eines lebhaften Cl-Stromes über NaOH-Lösung, gutes Umschütteln und jodometrische Einstellung auf eine n/10-Thiosulfatlösung erhalten.

Nach der Assoc. Offic. Agric. Chemists, 2. Ed. 65, 1925 werden CN und Cl in löslichen Zyaniden durch Titration mit Silbernitrat bestimmt. 50 ccm 10%ige Lösung werden unter ständigem Schütteln mit 0,05 n-$AgNO_3$-Lösung tropfenweise bis zum Auftreten einer bleibenden Trübung titriert. Hiernach wird die Lösung mit einigen ccm 5%iger Kaliumchromatlösung versetzt und weiter mit 0,05 n-$AgNO_3$ bis zum Erscheinen des rotbraunen Niederschlages titriert. Die erste Titration gibt die Blausäure gemäß der Gleichung

$$2\,NaCN + AgNO_3 = NaCN \cdot AgCN + NaNO_3 \quad (\text{also } 1\,AgNO_3 = 2\,NaCN)$$

an. Die zweite Titration gibt HCN + HCl gemäß der Gleichung

$$NaCN \cdot AgCN + NaCl + 2\,AgNO_3 = 2\,NaNO_3 + 2\,AgCN + AgCl$$

wieder. Somit drückt die zweite Titration minus der ersten das anwesende Cl aus. Die Kaliumchromatlösung bereitet man sich durch Auflösen von 5 g Kaliumchromat in Wasser, Zugabe von Silbernitrat bis zum Auftreten des rotbraunen Niederschlages, Filtration und Auffüllen auf 100 ccm.

---

[1]) Sieverts, A., und Hermsdorf, A., Ztschr. f. angew. Chem. **34**, 1921, 3.

[2]) Sieverts, A., und Rehm, K., Ztschr. f. angew. Chem. **50**, 1937, 88—89.

[3]) Bicskei, J., Ztschr. f. anorg. allg. Chem. **160**, 1927, 271.

Zyanidbestimmung neben großen Mengen anderer Salze außer Ferrozyaniden ist durch einfache Destillation aus 0,35—0,6 n $H_2SO_4$ möglich.[1]) Bei der Destillation adsorbieren Gummi- und Korkteile Zyanionen. Die Stopfen müssen daher gut mit Zinnfolie umhüllt werden.[2])

Zur Bestimmung von Blausäureresten in Vorräten (Kakao, Weizen, Tabak) vgl. Lubatti.[3])

## Organische Halogenverbindungen

Eine gut brauchbare Methode für die Halogenbestimmung in organischen Verbindungen beschreibt Busch[4]). Er reduziert katalytisch durch Kochen mit einem Pd-$CaCO_3$-Katalysator und Hydrazinhydrat in alkalisch-alkoholischer Lösung. Das gebildete Halogenion wird nach Volhard titriert. Die hydrolytische Spaltung allein mit Alkali[5]) bietet manchmal gewisse Schwierigkeiten. Chloroform oder Tetrachlorkohlenstoff (nicht Gemische beider) lassen sich jedoch durch Verseifen mit KOH gut bestimmen.[6])

Di- und Trichloräthylen sind nach Schmalfuß und Werner[7]) nebeneinander und neben gesättigten Verbindungen mit einer Lösung von 50 g $Hg(CN)_2$ und 23 g KOH in 200 $H_2O$ nachweisbar, wenn man 4 ccm des zu prüfenden Gemisches 18—24 Stunden mit 4 ccm obiger Lösung schüttelt. Dichloräthylen liefert dabei weiße Tafeln, die sich abscheiden, Trichloräthylen ein in Lösung verbleibendes Öl.

Zum Nachweis des Chlorpikrins in Luft kann nach Deckert[8]) ein mit 5—10%iger benzolischer Dimethylanilinlösung getränktes Papier dienen, das durch Chlorpikrin gelb bis dunkelbraun wird. Zur Bestimmung wird ein gemessenes Volumen des Luftgemisches in einer Spiralwaschflasche durch Eisessig gesaugt, das absorbierte Chlorpikrin mit Fe reduziert und das Chlor nach Volhard bestimmt. Beim Überleiten über $K_2CO_3$, das auf 300—500° erhitzt ist, wird ebenfalls ionogenes Chlor gebildet, das nach Volhard titriert werden kann.

## Phenole

Nachweisbar ist Phenol in Verdünnungen bis 1 : 2000000 mit Millons Reagens[9]), bis 1 : 7000 mit Chlorkalk[10]), bis 1 : 1000 mit neutralem Ferrichlorid (Landolt[10]), weiterhin noch durch zahlreiche mehr oder minder spezifische Farbreaktionen.

Zur quantitativen Bestimmung dient meist die Reaktion mit überschüssigem Brom, die zu Tribromphenol bzw. Tetrabrom-cyclohexadienon führt. Für die Ausführung der Methode sind zahlreiche auch teilweise für Kresole geltende Arbeitsweisen beschrieben worden.[11]) Über Nachweis, Bestimmung und Unterscheidung der verschiedenen Phenole vgl. den Sammelbericht in der Ztschr. f. analyt. Chem.[12]) Über die Bestimmung der Phenole in Teeröl s. S. 622.

---

[1]) Pagel, H. A., and Carlson, W., J. Am. Chem. Soc. **54**, 1932, 4487; Chem. Ztrbl. 1933, I, 820.

[2]) Morris, S., and Lilly, V. G., Ind. Eng. Chem., Anal. **5**, 1933, 407; Chem. Ztrbl. 1934, I, 1529.

[3]) Lubatti, O. F., J. Soc. chem. Ind., Trans. **45**, 1935, 275—282; Chem. Ztrbl. 1936, I, 621.

[4]) Busch, M., Angew. Chem. **38**, 1925, 519; **47**, 1934, 536.

[5]) Vgl. Weber, H. H., und Hauck, F., Chem. Ztg. **57**, 1933, 915; Iseng, Hu und Chiang, J. Chines. chem. Soc. **3**, 1935, 223—237; Chem. Ztrbl. 1936, I, 2785.

[6]) J. Ass. Off. agr. Chem. **10**, 45—56; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1378.

[7]) Schmalfuß, H., und Werner, H., Z. f. anal. Chem. **97**, 1934, 314—317; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2424.

[8]) Deckert, W., Ztschr. Hyg. u. Desinfektionskrankh. **109**, 1929, 485—490.

[9]) Almén, A., Jahrb. d. Chem. 1878, S. 1079.

[10]) Landolt, H., Ber. d. D. chem. Ges. **4**, 1871, 771.

[11]) Vgl. Beilstein, F., Handb. d. org. Chem. 4. Aufl. Bd. 6, 1922, S. 135; Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch. Meth., 7. Aufl., Bd. III, 1923. 268; Z. f. analyt. Ch. 1911, 312 (gewichtsanalytisch); Järvinen, K. K., Z. f. analyt. Ch. **71**, 1927, 108; Ditz, H., Z. f. analyt. Ch. **77**, 1929, 186.

[12]) Z. f. analyt. Ch. **78**, 1929, 223.

Zur Bestimmung des Kresols in Kresolseifenlösung vgl. D. A. B. **6**, 395—397. Nach Kogan[1]) gibt das Verfahren des D. A. B. 6 zu hohe Werte, weil mit den Kresolen auch Kohlenwasserstoffe mitbestimmt werden. Kogan führt die fettsauren Alkalisalze bei Gegenwart von Äther in die Ba-Salze über, wobei Kresole und Kohlenwasserstoffe vom Äther gelöst werden. Bei größerem Gehalt an Kohlenwasserstoffen versetzt man die abgetrennte ätherische Lösung mit NaOH-Lauge und schüttelt mit $H_2O$ aus. Aus der wässerigen Schicht werden die Kresole mit HCl ausgefällt und mit Äther aufgenommen. Von der ätherischen Schicht wird der Äther verjagt und der Rückstand bei 100° getrocknet und gewogen. Die Methode soll sich nur für Lysolersatzpräparate eignen. Bei Kreolin- und Ersatzpräparaten benutzt Kogan nach Ausfällung der Fettsäuren mit $BaCl_2$-Lösung die Dampfdestillation. Aus dem Destillat werden die Kresole in üblicher Weise von den Kohlenwasserstoffen getrennt und bestimmt.

Kaiser[2]) unterwirft Kresolseifenpräparate einer direkten Destillation unter Benutzung eines graduierten Rohres als Vorlage, wobei zwischen 100—125° $H_2O$ und wenig Kresol und zwischen 205—206° die vorhandenen Kresole beinahe quantitativ übergehen. Über 210° darf nicht erhitzt werden. Von 125° ab erhöht sich die Temperatur auf 195 und 200° schnell. In diesem Temperaturintervall destilliert bei guten Präparaten nur sehr wenig. In der Vorlage wird das Gesamtvolumen abgelesen. Beim Aussalzen scheidet sich die Kresolschicht ab, so daß man den Wassergehalt durch Abzug der Kubikzentimeter Kresolschicht vom Gesamtdestillat erhält. Von 100 ccm Substanz soll die Kresolschicht mindestens 44—45 ccm, der Wassergehalt mindestens 10—13 ccm Wasser betragen. Aus einer bestimmten Menge des gewogenen Seifenrückstandes im Kolben lassen sich die Gesamtfettsäuren bestimmen.

Meyer[3]) gibt eine Ergänzung der Untersuchungsmethode des D. A. B. zwecks Feststellung übelriechender Trane und Öle.

Prüfungen von Kreosot auf Abwesenheit von Säuren, Kohlenwasserstoffen, hochsiedenden Holzteerbestandteilen und auf genügenden Gehalt an Guajacol und Kreosol gibt das D. A. B. **6**, 377 an.

## Nitrophenole

Dinitro-o-Kresol, das für den Pflanzenschutz zurzeit wichtigste Nitrophenol, kann auch in Gemischen nach folgenden Verfahren bestimmt werden[4]):

2,00 *g* des Pflanzenschutzmittels werden mit 100,0 *ccm* 1 %iger Natronlauge in einer Schliffstopfenflasche bis zur völligen Benetzung und dann noch einige Minuten kräftig durchgeschüttelt. 10 *ccm* der filtrierten Lösung werden in einem 100 *ccm*-Schliffkölbchen mit 10 *ccm* konz. Salzsäure und nach Verdrängung der Luft im Kölbchen durch Kohlensäure rasch mit einem leichten Überschuß gestellter Titantrichloridlösung versetzt. Wenn 1 ccm Titantrichloridlösung 5,16 *mg* Fe entspricht, genügen 20—25 *ccm*. Man verbindet sofort mit einem Schliffaufsatz, der das Einleiten von Kohlendioxyd ermöglicht, und setzt auf dieses Zwischenstück einen eingeschliffenen Rückflußkühler. Sobald die Luft aus dem Kölbchen völlig durch Kohlendioxyd verdrängt ist, erhitzt man zum Sieden und hält 5—7 Min. am Kochen. Unter stetem Durchleiten von Kohlendioxyd kühlt man dann das Kölbchen rasch ab und gibt, sobald die Temperatur es gestattet, durch den Kühler etwas reinen, niedrigsiedenden (30 bis 50°) Petroläther, bis er nach anfänglichem lebhaften Aufsieden eine bleibende Schicht auf der Flüssigkeit bildet. Noch lauwarm wird nun mit der zum Einstellen der Titantrichloridlösung benutzten Ferrialaunlösung (etwa 40 *g* auf 1 *l*) zurücktitriert (Indikator Ammoniumrhodanid).

Man beachte, daß die Umsetzung einige Zeit in Anspruch nimmt und hüte sich vor dem Übertitrieren. An besten erwärmt man die zu titrierende Lösung, besonders gegen Ende der Umsetzung, in heißem Wasser, bis der Petroläther eben zu sieden beginnt.

Unerläßlich ist die Ausführung von Blindversuchen ohne Dinitrokresol mit genau gleicher Kochzeit und unter sonst gleichen Bedingungen. Der hierbei beobachtete Verbrauch an

---

[1]) Kogan, G., Pharm. Zentralhalle **69**, 1928, 536.

[2]) Kaiser, H., Süddtsch. Apoth. Ztg. **68**, 1928, 626; Chem. Ztrbl. 1928, II, 2047.

[3]) Meyer, W., Chem. Ztg. **53**, 1929, 43.

[4]) Fischer, W., Ztschr. f. anal. Chem. **112**, 1937, 91—96; Knecht, E., und Hibbert, E., Ber. Dtsch. Chem. Ges. **36**, 1903, 1549; **40**, 1907, 3819.

Titantrichloridlösung ist abzuziehen. 1 *ccm* Titantrichloridlösung, der 5,8 *mg* Fe äquivalent ist, zeigt 1,65 *mg* Dinitrokresol an. Insbesondere für die rasche Durchführung mehrerer Analysen eignet sich mehr das im folgenden beschriebene colorimetrische Schnellverfahren, das in zwei verschiedenen Formen ausgeführt werden kann.

A. Man neutralisiert 1 *ccm* der alkalischen, etwa 0,2—1,5 *mg* Dinitrokresol enthaltenden Lösung in einem Reagensglas mit n-Schwefelsäure, fügt das an 5 *ccm* fehlende Wasser, dann 5 *ccm* 40%ige Kaliumcyanidlösung (40 *g* reinstes KCN, auf 100 *ccm* auffüllen; höchstens 1 Tag haltbar) und 2 *ccm* Alkohol zu und schüttelt gut durch. Das Reagensglas kommt in ein Wasserbad von 20°. Nach genau 65 Min. wird mit Wasser auf 50, 100 oder 200 *ccm* aufgefüllt und hinter einem Grünfilter gegen einen unveränderlichen Standard oder am raschesten im lichtelektrischen Absolutcolorimeter gemessen.

Beliebig viele Ansätze lassen sich ohne Pause durchmessen, wenn sie mit einigen Minuten Zeitunterschied bereitet und alle in dasselbe Wasserbad von 20° gesetzt werden. In gleichen Abständen werden die Lösungen dann gemessen. Bei annähernd gleichen Farbtiefen brauchen die Küvetten nur kurz mit der zu messenden Lösung ausgespült zu werden. Diese Arbeitsweise eignet sich demnach für Reihenuntersuchungen.

B. Die Reaktionsmischung wird in die Küvette eines Colorimeters (Photometers) gefüllt und innerhalb der Zeit von 55 bis 70 Min. nach Ansetzen der Lösung mehrfach gegen einen unveränderlichen Standard oder absolut gemessen, um die größte Farbtiefe festzustellen. Am bequemsten ist bei derartigen Messungen stets ein lichtelektrisches Absolutcolorimeter.

Für die etwa 11 *ccm* fassende 10 *mm*-Küvette des Colorimeters nach Dr. B. Lange ist der gleiche Ansatz erforderlich wie unter A. Für genauere Messungen kann er 0,1—1 *mg* Dinitrokresol enthalten. Treten nach dem Mischen der Reagenzien Trübungen oder Niederschläge auf, so muß filtriert werden. Hierfür ist der doppelte Ansatz zweckmäßig. Man bringt die klare Mischung oder das Filtrat sofort in die Küvette und beginnt nach etwa 55 Min. mit den Messungen hinter einem Grünfilter.

Dieses Verfahren ist für größere Reihen von Untersuchungen wenig geeignet, gestattet aber wegen der hohen Farbkonzentration die Erfassung sehr kleiner Substanzmengen. Als Erfassungsgrenze kann etwa 0,01 *mg* Dinitrokresol angesehen werden, die man allerdings nur noch größenordnungsmäßig bestimmen kann.

Für beide Arbeitsweisen (A und B) sowie für jedes besondere Filter, jede Küvettenart usw. sind selbstverständlich getrennte Eichkurven anzulegen, mit deren Hilfe die Analysen ausgewertet werden.

## Mineralöle

Mineralölpräparate mit Emulgatoren müssen vor der Analyse von diesen befreit werden. Dies gelingt durch Erwärmen mit verd. $H_2SO_4$, NaOH, $Na_2CO_3$, $Ba(OH)_2$ + NaOH und nötigenfalls nachfolgendes Zentrifugieren oder auch durch Ausschütteln mit wässerigem 50%igem Alkohol und Petroläther. Erwähnt sei, daß sich Öl-Wasser-Emulsionen für großtechnische Zwecke auch durch hochgespannte elektrische Felder entmischen lassen.

Bei seifenhaltigen Emulsionen wurde in USA. amtlich empfohlen[1]), die Emulsion in einer „Babcock" Flasche mit heißer verd. $H_2SO_4$ zu brechen und das Volumen der ausgeschiedenen Ölschicht zu bestimmen. Phenole und Fettsäuren werden hierbei miterfaßt und müssen in einem zweiten Ansatz für sich bestimmt werden. Hierzu wird die Emulsion mit Alkohol und NaOH gebrochen, das Neutralöl mit Petroläther-Benzin extrahiert und der Fettsäuregehalt im Alkoholauszug titriert. Verwendet man keine NaOH, sondern lediglich Alkohol, so verbleiben die Phenole im Benzinextrakt. Die Fett-(Naphthen-, Harz-)säuren können dann auch nach Entfernung des Alkohols durch Ansäuern und Ausäthern gravimetrisch als freie Säuren bestimmt werden. Als Grundlage für die Berechnung des Seifengehaltes dient Ölsäure.

Seifenfreie Emulsionen können auch durch andere, am besten von Fall zu Fall zu ermittelnde Stoffe entmischt werden[2]), Gummiemulsionen z. B. durch konz. NaOH, Emulsionen vom „Pickeringtyp" durch festes $Na_2CO_3$, andere wieder durch $Ba(OH)_2$ + NaOH. Für

---

[1]) J. Ass. Off. agr. Chem. **11**, 1928, 64.

[2]) Marshall, W. G., Spec. Bull. St. Calif. Dept. Agr. No. **94**. 1929.

Kaseinatemulsionen empfehlen Swingle und Snapp[1]), mit dem gleichen Volumen Äther und 20%iger NaOH im Scheidetrichter zu schütteln. Einmalige Extraktion soll vollauf genügen.

Zur Analyse von Emulsionen, welche leichtsiedende Kerosinanteile enthalten, sind nur Zentrifugiermethoden, dagegen keine Extraktionsmethoden anwendbar. NaOH zerstört Emulsionen im allgemeinen am raschesten, bereitet jedoch gewisse Schwierigkeiten, wenn die in 2%iger NaOH schwer löslichen Mineralöl-$\beta$-sulfonsäuren zugegen sind.[2]) Es bilden sich dann drei Schichten bei der Ätherextraktion, auch sind die extraktierten Öle noch leicht emulgierbar. Die Extraktion muß in diesen Fällen mit 0,1%iger NaOH wiederholt und die vereinigten Ätherauszüge schließlich mit 1%iger NaOH gewaschen werden.

Die Natur des isolierten Emulgators kann nach den unter den einzelnen Beistoffen beschriebenen Methoden ermittelt werden. Der Emulgator enthält Alkali, wenn die aus 10 g Vorratsemulsion erhaltene Asche, in Wasser gelöst und zur Absättigung von $Ca(OH)_2$ mit $CO_2$ behandelt, gegen Phenolphthalein alkalisch reagiert.

Die durch Entmischung der Emulsionen erhaltenen Öle lassen sich chemisch und physikalisch charakterisieren. Im folgenden werden nur die für den Pflanzenschutz wichtigeren Eigenschaften besprochen.

### Chemische Daten

Die Prüfung auf sulfonierbare Bestandteile, der sog. *sulfonation test* gestattet, den Gehalt an Paraffinen und Naphthenen einerseits und an olefinischen und aktiven aromatischen Verbindungen andererseits zu bestimmen.[3]) 20 ccm 37 n-$H_2SO_4$ (also 100%) werden in kleinen Portionen zu 5 ccm Mineralöl in einem geeigneten Gefäß mit graduiertem Hals (Babcockflasche) gegeben. Das Gefäß wird zunächst in einem Eisbad und, nachdem die Steigerung der Temperatur aufgehört hat, in ein Wasserbad bei 100° 1 Stunde lang in Abständen von 10 Minuten geschüttelt. Darauf wird $H_2SO_4$ (spez. Gew. 1,84) zugegeben, bis der klare unsulfonierte Teil des Öls in dem graduierten Hals steht. Sodann wird zentrifugiert und der sulfonierte Teil des Öls berechnet.

Graham[4]) empfiehlt die Verwendung von 38 n-$H_2SO_4$ bei 60—65° C unter ganz bestimmten Bedingungen. Um die Herstellung der schwach rauchenden 38-n-Säure und gewisse Nachteile des Erhitzens auf 100° (z. B. starke Schwärzung) zu vermeiden, schlägt Martin[5]) die mildere Sulfonierung im Sulfurimeter mit dem doppelten Volumen konz. $H_2SO_4$ (spez. Gew. = 1,84), zunächst 2 Min. ohne äußere Wärmezufuhr, dann unter wenigstens 20maligem Umkehren des Sulfurimeters im siedenden Wasserbad vor.

Bei (Teer-)Ölen mit weniger als 50% unsulfonierbaren Stoffen können feste Ausscheidungen die Ablesung bei der Sulfurimetermethode erschweren. Man verdünnt das Öl in diesen Fällen mit dem gleichen Volumen unsulfonierbaren Benzins. Bei schwer erkennbarer Öl-Säuregrenze hilft nach Martin der Kunstgriff, vorsichtig etwas Wasser als Zwischenschicht zuzufügen.

Teeröle in Mineralölen können durch Schütteln mit den 1½—2fachen Volumen Dimethylsulfat erkannt werden (s. Teeröle). Vgl. dazu die Kritik von Harrison und Perkin.[6])

Eine Methode zur Bestimmung des *Oxydationsgrades* der Öle hat Sligh[7]) beschrieben. Nach einer Mitteilung darüber von de Ong[8]) werden 10 g Öl in einer mit Sauerstoff gefüllten

---

[1]) Swingle, H. S., and Snapp, O. J., Techn. Bull. U. S. Dep. Agr. No. **253**, 1931.

[2]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 399.

[3]) Marshall, W. G., Economic Poisons 1928—1929; Calif. Dept. Agr. Spec. Bull. **94**, 1929; Green, J. R., Chemical and physical properties of petroleum spray oils. J. of agric. Res. **44**, 1932, 773.

[4]) Graham, J. J. T., J. Ass. Off. agr. Chem. **10**, 1927, 124.

[5]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 405.

[6]) Harrison, T. W., und Perkin, F. M., Analyst. **33**, 1908, 2.

[7]) Sligh, An oxydation method for measuring the stability of mineral oil. Proceed. Am. Soc. for testing materials **24**, II, 1924.

[8]) de Ong, E. R., Spezifications for petroleum oils to be used on plants. J. econ. Ent. **21**, 1928, 697—702.

Standardoxydationsflasche 2½ Stunden im Ölbad auf 300° erhitzt und nach dem Abkühlen mit Petroleumbenzin auf 100 ccm aufgefüllt. Nach 24 Stunden wird die ausgeschiedene Substanz abfiltriert und gewogen. De Ong hat die Methode abgeändert, indem er 50 ccm des oxydierten Öls mit 50 ccm 95 %igem Alkohol und 50 ccm n/10 NaOH eine Stunde am Rückflußkühler kocht und die überschüssige Lauge mit n/10 HCl (Phenolphthalein) titriert.

Die *Bromabsorption* bestimmt de Ong im wesentlichen nach den Angaben von Scott[1]) und Allen[2]), die eine Modifikation der von Mc Ilhiney[3]) vorgeschlagenen Methode vorstellen. Man schüttelt 2 g Öl + 10 ccm Tetrachlorkohlenstoff bei 0° genau 1 Minute (Stoppuhr) mit einem nicht zu großen Überschuß (2—4 ccm) 0,33-n $Br\text{-}CCl_4$-Lösung, fügt sofort 25 ccm Wasser zu, schüttelt wieder ½ Minute, fügt nun 70 ccm Wasser und 5 ccm 60 %ige KJ-Lösung zu und titriert das unverbrauchte Brom mit n/10 Thiosulfat. Der zur Substitution verbrauchte Anteil Brom kann aus der Titration der gebildeten Bromwasserstoffsäure erschlossen werden.

Die *Azidität* ist durch Titration von 10 g Öl in 50 ccm 95 %igem Alkohol mit n/10 Alkali leicht zu bestimmen. Nach dem Vorschlag von Cross[4]) wird der Säuregehalt als Ölsäure berechnet.

*Schwefel* kann in leichteren Ölen (Leuchtölen) nach U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, Washington 1927, S. 91 bei Abwesenheit von $CS_2$ durch Verbrennen einer bestimmten Ölmenge, Absaugen der Verbrennungsgase durch gestellte Sodalösung und Rücktitration mit HCl bestimmt werden. Öle, die schwerer als Leuchtöle sind, verbrennt man in der Sauerstoffbombe bei 35—40 Atm. Druck. Die gebildete Schwefelsäure wird als $BaSO_4$ gewogen.

*Stickstoff* läßt sich nach der gewöhnlichen Kjeldahlmethode in Proben von etwa 6 g bestimmen.

Der *Wassergehalt* in Erdölprodukten ist durch Destillation von 100 ccm Öl mit dem gleichen Volumen wasserfreiem Gasolin zu ermitteln.[5]) Man benutzt eine Spezialvorlage, bei der das Wasser in einem Blindsack aufgefangen wird, das überschüssige Lösungsmittel aber in den Destillationskolben zurückfließt.

## Physikalische Daten

Zur Kennzeichnung der *Siedegrenzen* gibt man in Vol.-% an, welche Teile des Öles innerhalb bestimmter Temperaturen überdestillieren. Zur Fraktionierung empfiehlt sich der Englersche Kolben aus Glas; erwähnt seien noch der Kisslingsche Fraktionierapparat und der amtliche Apparat für zolltechnische Prüfung.[6])

Ein wichtiges Kennzeichen der Mineralöle ist die *Viskosität*. Als Normalapparat gilt in Deutschland das Viskosimeter von Engler, in USA. das von Saybolt, in England das Redwoodsche, während Rußland dasjenige von Lamansky-Nobel viel benutzt. Nach Ullmann[8]) hat das Englersche die meiste Aussicht, als internationaler Einheitsapparat eingeführt zu werden.

Das Engler-Viskosimeter besteht aus einem innen stark vergoldeten Ausflußgefäß mit einem von oben durch Holzstift verschließbaren Ausflußrohr aus Platin sowie dem Gefäß für die Erwärmungsflüssigkeit (je nach Bedarf Wasser, Mineralöl, Anilin, Nitrobenzol, Naphthalin). Bis zu 4 Markenspitzen wird das innere Gefäß mit dem zu prüfenden, vorher durch ein Sieb mit 0,3 mm Maschenbreite filtriertem Öl gefüllt (240 ccm). Als Auffanggefäß dient ein Meßkolben mit einer 200- und einer 240-ccm-Marke. Alle Abmessungen und Fehler-

---

[1]) Scott, W. W., Standard methods of chemical analysis. 2. Aufl. New York 1920.

[2]) Allen, A. H., Allen's commercial organic analysis. 4. Aufl. Philadelphia 1915.

[3]) Mc Ilhiney, J. Am. Chem. Soc. **16**, 1894, 275—278.

[4]) Cross, A handbook of petroleum, asphalt and natural gas. Kansas City Testing Lab. Bull. **25**, 1928.

[5]) U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, S. 75.

[6]) Kissling, R., Laboratoriumsbuch der Erdölindustrie. 2. Aufl. 1923, S. 25.

[8]) Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **4**, 1929, 594.

grenzen des Apparates sind für amtliche Eichung vorgeschrieben. Als Zähigkeitsgrad (Viskosität) $\mathfrak{Z}$ wird der Quotient aus der Ausflußzeit $O$ von 200 ccm Öl bei der Versuchstemperatur $t$ und der Ausflußzeit $w$ von 200 ccm Wasser bei 20° bezeichnet:

$$\mathfrak{Z} = \frac{O_t}{w_{20^0}}.$$

Unter Benutzung bestimmter Umrechnungskoeffizienten können auch kleinere Ölmengen (50 ccm) genommen werden. Die erhaltenen Werte $E$, Engler-Zahlen genannt, lassen sich mit Hilfe einer von Ubbelohde[1]) angegebenen Formel in spezifische Zähigkeiten umrechnen:

$$\mathfrak{Z}_0 = s\left(4{,}072\,E - \frac{3{,}513}{E}\right),$$

worin $\mathfrak{Z}_0$ die spezifische Zähigkeit bezogen auf Wasser von 0° = 1, $s$ das spez. Gew. des Öles bei der Versuchstemperatur bedeuten.

Ein einfaches Kapillarviskosimeter mit hängendem Niveau für Petroleum beschrieb Ubbelohde[2]). Eine Zahlentabelle ermöglicht es, hiermit auch die empirischen Viskositätsgrade nach Engler, Saybolt und Redwood abzulesen.

Viel kürzer als beim Englerapparat sind die Messungen mit dem Kugelfallviskosimeter nach Höppler auszuführen.

Das Industriemodell des Höppler-Viskosimeters besitzt vor verschiedenen empirischen Viskosimetern die Vorzüge eines niedrigen Preises, großer Meßgenauigkeit und Angabe der Viskosität in absolutem Maß.[3]) Einflüsse der Oberflächenspannung und Verdunstung sind ausgeschaltet. Die Messungen können mühelos beliebig oft wiederholt werden.

Das in USA. allgemein benutzte Saybolt-Universalviskosimeter zur Bestimmung des Viskositätsgrades der Mineralöle besteht aus Metall; die Ölbehälter tragen oben ein Überlaufgefäß, unten ein schmales Ausflußrohr aus widerstandsfähigem Metall (bestem Stahl „Monel metal" usw.). Ausflußrohr: Innerer Durchmesser 0,1750—0,1780 cm, äußerer Durchmesser am unteren Ende 0,28—0,32 cm, Länge 1,215—1,235 cm, Höhe des Überlaufrandes über dem untersten Ende des Ausflußrohres 12,40—12,60 cm, äußerer Durchmesser des Überlaufrandes 3,20—3,30 cm, Durchmesser der Ölröhre 2,955—2,995 cm, Tiefe des zylindrischen Teils der Ölröhre 8,8 cm. Durchmesser der Ölröhre zwischen Boden des zylindrischen Teils und oberem Ende des Ausflußrohrs 0,9 cm. Das untere Ende des Ausflußrohres ist von einem weiteren Rohr umschlossen, das vor dem Ausfließen des Öls mit einem schnell abnehmbaren Kork verschlossen ist. Das zu prüfende Öl soll vor dem Füllen des Gerätes ein 100-Maschensieb durchlaufen. Der Aufnahmekolben faßt bei 20° C bis zur Marke 60 ± 0,15 ccm. Der innere Durchmesser des Kolbenhalses an der Marke ist 0,8—1,1 cm. Die Viskosität wird in Sekunden ausgedrückt, die zum Ablaufen von 60 ccm Öl benötigt werden. Es wird bei 100° F (37,8° C), 130° F (54,4° C) oder 210° F (98,9° C) gearbeitet. Unter 32 Sekunden liegende Messungen sind ungenau. Für die zu benutzenden Thermometer sind in USA. besondere Vorschriften erlassen.[4])

Die *Flüchtigkeit* der Öle, das unterscheidende Merkmal zwischen Kerosenen und lubricating oils, hängt mit den Siedepunktsintervallen und mit der Viskosität zusammen. De Ong[5]) bestimmt die Flüchtigkeit, indem er 3 inches (1 inch = 2,54 cm) im Quadrat messende Stücke Asbestpapier bestimmter Stärke mit 0,5 g Öl tränkt, bei bestimmten, je nach der Art des Öls zwischen 50 und 100° liegenden Temperaturen aufbewahrt und alle 24 Stunden wägt. Wenn 95—100% des Öls verdunstet sind, wird aus den Ablesungen eine Kurve konstruiert. Marshall[6]) beurteilt die Flüchtigkeit, indem er 1 g Öl in einer flachen Aluminiumschale

---

[1]) Ubbelohde, L., Chem. Ztg. **31**, 1907, 38.

[2]) Ubbelohde, L., Petroleum **29**, 1933, Nr. 23, 1—24; Chem. Ztrbl. 1933, II, 415.

[3]) Martin, U., Chem. Ztg. **57**, 1933, 723.

[4]) U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, S. 41.

[5]) de Ong, E. R., J. econ. Ent. **21**, 1928, 697—702.

[6]) Marshall, W. G., Economic Poisons. Calif. Dept. Agr. Special Publ. 101. Vgl. Turner, N., J. econ. Ent. **24**, 1931, 901—904.

von 10 cm Durchmesser und 9 g Sand (abgesiebt mit einem 20—40-Maschensieb) gemischt bis 24 Stunden auf einem Wasserbad mit 8 cm Lochweite erhitzt und die Gewichtsabnahme feststellt.

*Emulgierbarkeit* von Ölen und *Emulsionsbeständigkeit* von Emulsionen werden nach dem U. S. Bureau of Standards Bull. **86**, 1917[1]) durch die Herschelsche Probe (Herschels demusibility test) gemessen. 27 ccm Öl und 53 ccm destilliertes Wasser werden in einem graduierten 100-ccm-Zylinder bei 130° bzw. 180° F (55° C bzw. 82,5 ° F) 5 Min. lang lebhaft (1500 Umdrehungen pro Min.) gerührt. In bestimmten Zeitabständen wird nun die abgesetzte Ölschicht gemessen. Die in der Zeiteinheit ausgeschiedene Menge Öl steigt bis zu einem Maximum, um dann zu sinken. Dieser Maximalwert, umgerechnet in ccm je Stunde, wird als „demusibility" bezeichnet. Mit dem gleichen Apparat kann auch die Beständigkeit emulgatorhaltiger Emulsionen gemessen werden.

Methoden zur Bestimmung der nach Spritzungen *auf den Blättern zurückgehaltenen Ölmengen* sind mehrfach beschrieben worden. English[2]) sammelt das Öl mit Äther und mißt in einer Babcockflasche in einer heizbaren Zentrifuge. Dawsey und Haas[3]) verfeinerten die Methode durch Abtrennung der mitgelösten Wachse und Pflanzenöle von den Mineralölen. Swain und Green[4]) fanden unter den Lösungsmitteln Äther, Petroläther, Heptan und Methylenchlorid letzteres am geeignetsten. Es gestattet rasches Auflösen der Ölschicht, ohne die Wachsschicht anzugreifen. Zur Erkennung von Ölfilmen und raschen Schätzung der Ölmenge empfehlen sie das Einstäuben mit Schwefelblumen nach bestimmter Vorschrift.

Rohrbough[5]) beschreibt den mikroskopischen Nachweis von in Citrusgewebe eingedrungenen Mineralölen durch Färbung der Schnitte.

## Teeröle

Für die Prüfung von Obstbaumkarbolineen auf Übereinstimmung mit den festgelegten Normen (Wortlaut s. S. 486—487) wurde von der Biologischen Reichsanstalt im Jahre 1930 folgende heute nicht mehr gültige Anweisung herausgegeben[6]):

Für die Prüfung nach Punkt 1 und 2 der Normen erübrigen sich Ausführungsangaben. Die Prüfung nach Punkt 3 und 5 erfolgt durch die Bestimmung

a) der Kohlenwasserstoffe und sonstigen ätherlöslichen, neutralen Bestandteile,
b) der organischen Basen und
c) der sauren Öle.

a) Bestimmung der *Kohlenwasserstoffe* und sonstigen ätherlöslichen, neutralen Bestandteile.

50 g des Obstbaumkarbolineums werden mit 100 ccm 10 %iger Natronlauge und 500 ccm Wasser kräftig durchgeschüttelt, dann dreimal mit je 300—500 ccm Äther ausgeschüttelt, die vereinigten ätherischen Auszüge mit 250 ccm 4 %iger Salzsäure durchgeschüttelt und von der salzsauren, wässerigen Lösung getrennt. Man trocknet die ätherische Lösung mit gepulvertem, wasserfreiem Natriumsulfat und destilliert den Äther auf dem Wasserbade ab. Der verbleibende Rückstand wird gewogen. Sein Gewicht gibt den Gehalt des Karbolineums an Kohlenwasserstoffen und neutralen Bestandteilen, das Doppelte dieses Gewichts den Prozentgehalt des Karbolineums an diesen Stoffen an.

b) Bestimmung der *organischen Basen.*

Die durch Ausschütteln der ätherischen Auszüge mit 4 %iger Salzsäure erhaltene wässerige Lösung wird mit überschüssiger verdünnter Natronlauge alkalisch gemacht und mit Äther ausgezogen, der ätherische Auszug mit entwässertem Natriumsulfat getrocknet und der Äther abdestilliert. Der Rückstand gibt die Menge der organischen Basen an.

---

[1]) Vgl. U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, S. 84.
[2]) English, L. L., J. Agr. Res. **41**, 1930, 131—133.
[3]) Dawsey, L. H., and Haas, jr. A. J., J. Agr. Res. **46**, 1933, 41—49.
[4]) Swain, A. F., and Green, D., J. econ. Ent. **26**, 1933, 1021—1030.
[5]) Rohrbough, Plant Physiol. **9**, 1935, 699—730.
[6]) Houben, J., Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 2.

c) Bestimmung der sauren Öle *(Phenole)*.

Die nach a) mit Äther ausgeschüttelte wässerig alkalische Lösung wird durch Erwärmen auf dem Wasserbade vom größten Teile der in ihr gelösten Ätheranteile befreit, sodann mit 150 ccm einer Lösung versetzt, die im Liter 244 g kristallisiertes Bariumchlorid ($BaCl_2 + 2H_2O$) enthält. Ist der entstehende Niederschlag fest und die überstehende Flüssigkeit klar geworden, was bald kürzere, bald längere Zeit (bis zu 24 Stunden) erfordert, so wird filtriert und, ohne den Niederschlag auszuwaschen, das Filtrat mit überschüssiger Salzsäure angesäuert, mit Äther ausgezogen und der ätherische Auszug mit Natriumsulfat getrocknet. Der Äther wird abdestilliert. Das Gewicht des Rückstandes gibt die Menge der sauren Öle an.

Der Gehalt an *Kohlenteeröl* ergibt sich als Summe der zu a), b) und c) erhaltenen Grammgewichte der Kohlenwasserstoffe, organischen Basen und sauren Öle, der Prozentgehalt an Kohlenteeröl als das Doppelte dieser Summe.

Zur Prüfung nach Punkt 3 der Normen werden die zu a), b) und c) erhaltenen Mengen der Kohlenwasserstoffe, organischen Basen und sauren Öle in einen 100 ccm fassenden Normal-Engler-Destillierkolben zusammengegeben und gewogen, alsdann destilliert. Sobald das Thermometer 270° übersteigt, wird die Destillation abgebrochen, das Destillat und der Rückstand im Kolben gewogen. Ersteres darf nicht mehr als höchstens 80% des eingewogenen Kohlenteeröls wiegen, letzterer nicht weniger als 20%.

Genauere Vorschriften über die Ausführung der Untersuchung im einzelnen zu geben, so etwa bezüglich der Schnelligkeit der Destillation bei der Prüfung nach Punkt 4, ist vermieden worden. Es sollte dem die Untersuchung ausführenden Chemiker die Möglichkeit gewahrt bleiben, nach eigenem Urteil der jeweiligen Sachlage in geeigneter Weise Rechnung zu tragen. Zur Analysengenauigkeit vgl. L. und J. Deshusses.[1])

Rascher als die beschriebenen Verfahren arbeiten die seit November 1936 gültigen Prüfverfahren für Obstbaumkarbolineen und Baumspritzmittel (Teerölemulsionen) auf Übereinstimmung mit den Normen.[2]) (Das Verfahren unter II wurde von H. Mallison ausgearbeitet.):

### I. Obstbaumkarbolineum

„50 g Obstbaumkarbolineum schüttelt man im Scheidetrichter mit 250 ccm Petroläther und 80 ccm 45%igem Alkohol kräftig durch, trennt und wiederholt das Ausschütteln der oberen Schicht mit 50 und 35 ccm 45%igem Alkohol. Die vereinigten Alkoholauszüge (a) werden drei- bis viermal mit insgesamt etwa 200 ccm Äther geschüttelt. Anzahl der Schüttelungen und Menge des Äthers richten sich nach der Färbung der letzten Ätherschicht, die nur noch hellgelb gefärbt sein darf. Schwierigkeiten in sehr mangelhafter Trennung der Schichten lassen sich durch Zugabe von wenig Kochsalz beseitigen. Man vereinigt die Petrolätherund Ätherauszüge, wäscht mit dem gleichen Volumen Wasser (b), trocknet die obere Schicht mit wasserfreiem Natriumsulfat und verjagt das Lösungsmittel zunächst auf dem Wasserbad und später durch stärkeres Erhitzen, bis ein eingetauchtes Thermometer 120° zeigt. Danach wird eine halbe Minute lang unter Bewegen Luft durch den Kolben gesaugt. Den Rückstand wägt man als Teeröl (c).

10 ccm des Teeröls werden mit 15 ccm Dimethylsulfat (giftig!) in einem schmalen 25-ccm-Schüttelzylinder 1—2 Min. lang kräftig geschüttelt. Die Menge des in Dimethylsulfat löslichen Teeröls stellt man nach deutlicher Trennung der Schichten in 1—2 Tagen fest.

Das restliche Teeröl (c) destilliert man aus einem Englerkolben und wägt die Fraktion bis 270°. Bei der Feststellung des Prozentgehaltes des Obstbaumkarbolineums an Teeröl, bis 270° siedend, ist die vorherige Entnahme von 10 ccm Teeröl zu berücksichtigen.

Die Fraktion bis 270° wird mit dem gleichen Volumen Natronlauge (spez. Gew. 1,1) kräftig durchgeschüttelt. Nach der Trennung, die sich bei undeutlicher Schichtenbildung nach Zugabe von Xylol schärfer einstellt, wird die Menge der Phenole aus der Volumenzunahme der Natronlauge bestimmt, wobei wiederum die vorherige Entnahme von 10 ccm Teeröl zu berücksichtigen ist. Das entphenolte Teeröl (d) kann zur Bestimmung der Basen dienen.

Zur Wasserbestimmung werden 50 g Obstbaumkarbolineum mit 50 ccm Xylol bis 200° destilliert. Es kann auch ein Gerät gemäß DIN DVM 3656 benutzt werden.

---

[1]) Deshusses, L. u. J., Helv. Chim. Acta **15**, 1932, 1030—1048.

[2]) Hilgendorff, G., Nachr.-Blatt f. d. D. P. D. **16**, 1936, 108.

Die Bestimmung der Emulgatoren und der organischen Basen erübrigt sich. Man kann die Emulgatoren dadurch erhalten, daß die mit Äther ausgeschüttelten Alkoholauszüge (a) nach Zugabe des Wasserauszuges (b) mit Salzsäure angesäuert und ausgeäthert werden. Die Ätherschicht wäscht man mit Wasser, trocknet mit wasserfreiem Natriumsulfat und destilliert den Äther ab. Rückstand (Fettsäuren) × 1,1 = fettsaures Kali = Emulgator. Die organischen Basen können durch Ausschütteln des Teeröls (d) mit 20%iger Schwefelsäure ermittelt werden.

### II. Baumspritzmittel (Teerölemulsion)

200 g Baumspritzmittel werden in einem starkwandigen Becherglas mit 30 ccm 25%iger Salzsäure verrührt. Nach Zugabe von 100 ccm Benzol wird nochmals gut durchgerührt. Man läßt 10 Minuten stehen, damit der harzig ausfallende Emulgator sich am Boden absetzen kann. Das obenauf schwimmende Teeröl-Benzol-Gemisch und das salzsaure Wasser gießt man zur nachträglichen Trennung in einen Scheidetrichter. Der am Boden des Becherglases haftende Emulgator wird zwei- bis dreimal mit je 50 ccm Benzol überschichtet und mit einem Glasstab, dessen unteres Ende abgeplattet ist, durchgeknetet.

Die Benzolauszüge werden im Scheidetrichter vereinigt; das unten abgesetzte saure Wasser wird abgezogen und das Teeröl-Benzol-Gemisch zur Entfernung der Mineralsäure zweimal mit je 100 ccm Wasser gewaschen. Da beim Abgießen der Benzollösung kleine Teilchen des Emulgators mit übergegangen sein können, wird die Benzollösung filtriert und mit wasserfreiem Natriumsulfat getrocknet.

Man destilliert aus einem gewogenen Destillierkolben das Benzol vorsichtig, gegebenenfalls unter Verwendung einer mitgewogenen kleinen Perlkolonne ab, bis das aufgesetzte Thermometer, dessen Quecksilberkugel sich dicht unter dem seitlichen Ansatzrohr des Destilliergerätes befinden muß, 120° anzeigt. Im Destilliergerät verbleibt als Rückstand das Teeröl, das gewogen wird. Zum Ausgleich unvermeidlicher analytischer Verluste wird der gefundene Wert um 10% erhöht.

Das unter 270° siedende Teeröl, die Phenole, die in Dimethylsulfat löslichen Bestandteile und das Wasser werden nach Prüfverfahren I bestimmt.

Der Gehalt an Emulgator ergibt sich aus der Differenz zwischen Teeröl und Wasser.[1])

Zur Erkennung und Bestimmung eines Gehaltes an Mineralölen oder *Braunkohlenteerölen* in Steinkohlenteerölen ist das Ausschütteln mit Dimethylsulfat und der sog. „sulfonation test" geeignet. Da sich nur Steinkohlenteeröle in Dimethylsulfat restlos lösen, Braunkohlenteeröle infolge ihres Naphthen- und Paraffingehaltes nur teilweise, Mineralöle aber fast gar nicht, zeigt ein beim Schütteln des Öles mit der anderthalbfachen Menge Dimethylsulfat ungelöst bleibender Teil die Anwesenheit von Braunkohlenteer- oder Mineralölen an. Ältere Proben Dimethylsulfat sind unzuverlässig.[1]) Nach Lunge-Berl[2]) sind Braunkohlenteeröle zu 15—20%, Petrolöle zu 0—7% in Dimethylsulfat löslich.

Beim „sulfonation test" (Ausführung siehe Mineralöle, S. 618) werden ebenfalls nur Steinkohlenteeröle völlig gelöst. Beide Proben haben mehr qualitative als quantitative Bedeutung, weil die Werte der beiden Methoden zum Teil beträchtlich voneinander abweichen.

Zur Ermittlung der Emulsionsbeständigkeit gegen hartes Wasser titrieren Beran und Watzl[3]) 100 ccm der 10%igen Emulsion der Karbolineen mit n/10 $MgCl_2$-Lösung. Der Umschlag der anfangs weißlichen Farbe nach bräunlich bezeichnet den Endpunkt der Titration.

Ausführliche Vorschläge für die vollständige Analyse von Teeröl-, Mineralöl- und gemischten Präparaten macht auch Martin.[4])

## Naphthalin

Zur Prüfung auf Reinheit kann die Bestimmung des Schmelz- bzw. Erstarrungspunktes (mindestens 79,6°) dienen. Die Lösung in warmer konz. Schwefelsäure darf nur rosa oder schwach rötlich gefärbt sein und darf sich beim Verdünnen mit Wasser nicht trüben.

---

[1]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 402.

[2]) Lunge-Berl, 7. Aufl., 1923, III, 241.

[3]) Beran, F., und Watzl, O., Z. angew. Ent. **20**, 1933, 382—414.

[4]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 397—406.

Zur quantitativen Bestimmung erhitzt man mit wässeriger n/20-Pikrinsäurelösung und titriert die überschüssige Pikrinsäure mit n/10-Barytlösung und Lakmoid[1]). Die Bestimmung in Gemischen, z. B. Teerölen[2]) oder Mineralölen[3]), beruht auf Pikratfällung. Auch in Luft kann man Naphthalin durch Überführung in das Pikrat bestimmen.[4])

## Nikotin

Seitdem Schlösing im Jahre 1847 eine Methode zur Bestimmung des Nikotins veröffentlichte, sind zahlreiche Fällungs-, titrimetrische, polarimetrische und Kombinationsmethoden beschrieben worden. In erster Reihe sind die Arbeitsweisen von Kissling, Bertrand und Javillier, Keller, Tóth, Chapin, König, Mach, Rundshagen, Frank und Pfyl zu nennen. Rasmussen und später Heiduschka haben verschiedene Methoden auf Grund eingehender Untersuchungen kritisch gewürdigt. Heiduschka[5]) bezeichnet die Methode Rasmussens als die exakteste, während er für vergleichende Bestimmungen die praktisch genügend zuverlässige, schnell und billig auszuführende Tóthsche Methode in der Rundshagenschen Abänderung[6]) empfiehlt.

Die Methode Rasmussens[7]) lautet: 10 g trockenes *Tabakpulver* werden in einem Porzellanmörser mit 8 ccm NaOH-Lauge (15,0 g NaOH in 100 ccm 30%igem Alkohol) durchgearbeitet, quantitativ in eine weithalsige Stöpselflasche gebracht und mit je 50 ccm Äther und Petroläther 5 Stunden lang unter häufigem Schütteln extrahiert. Die Flüssigkeit wird darauf durch ein mit einer Glasplatte bedecktes Faltenfilter nach Entfernung der zuerst durchlaufenden 10 ccm filtriert. 50 ccm Filtrat werden in einem Scheidetrichter mit kurz und schräg abgeschnittenen Stiel 3mal mit je 25 ccm 1%iger HCl je etwa 5 Min. lang ausgeschüttelt und die vereinigten salzsauren Auszüge mit 10 ccm 12%iger wässeriger Kieselwolframsäure versetzt. Durch weitere Zugabe einiger Tropfen des Fällungsmittels überzeugt man sich von der Vollständigkeit der Fällung. Nach 10stündigem Stehen wird der Niederschlag entweder in einem zuvor in einem Wägeglas gewogenen Goochtiegel oder auf einem gewöhnlichen quantitativen Filter gesammelt, mit 1%iger HCl ausgewaschen, bis das Filtrat nicht mehr mit verdünnter Nikotinlösung reagiert. Den Goochtiegel trocknet man bei 120° bis zur Gewichtskonstanz (etwa 1 Stunde). Die Wägung nimmt man stets im Wägeglas vor. Das Gewicht des Niederschlages $(C_{10}H_{14}N_2) \cdot 2H_2O \cdot 12WO_3 \cdot SiO_2$ mit 2,024 multipliziert ergibt den Nikotingehalt des Tabakpulvers. Bei Verwendung eines gewöhnlichen Filters wird dieses für sich verascht, darauf das Silicowolframat zugegeben und nach viertelstündigem Glühen auf dem Bunsenbrenner sowie 6 Min. langem Erhitzen über rauschendem Teklubrenner und Abkühlen gewogen. Der Glührückstand mit 2,28 multipliziert ergibt den Nikotingehalt des Tabakpulvers. *Tabakextrakt* läßt sich nach dieser Methode wie folgt untersuchen: 3—4 g werden in einer Stöpselflasche auf 1 mg genau abgewogen. Danach versetzt man mit 5 cm der genannten NaOH Lauge, 5 ccm Wasser sowie je 25 ccm Äther und Petroläther. Nach 5stündigem Ausziehen unter lebhaftem Schütteln wird filtriert und mit 25 ccm Filtrat obigen Angaben gemäß verfahren. Ammoniak, das bei Titrationsbestimmungen störend wirkt, ist bei dieser Bestimmung bedeutungslos.

Für die Tóthsche Methode[8]) hat H. Rundshagen[9]) folgende Arbeitsweise vorgeschlagen: 10 g zuvor getrocknetes *Tabakpulver* werden in einer Porzellanschale mit 2 g pulverförmigem Kalkhydrat $(Ca(OH)_2)$ durchgemischt und dann mit Wasser gut durchfeuchtet. Im Verlauf von 15 Min. verreibt man den Brei mehrmals innig, um das Nikotin zu entbinden. Unter weiterem dauerndem Rühren mit einem Spatel wird so viel gebrannter Gips hin-

---

[1]) Küster, Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **27**, 1894, 1101.
[2]) Küster, Chem. Weekbl. **30**, 1933, 519.
[3]) Küster, I. Ass. off. agric. chem. **17**, 1934, 308.
[4]) Hartzell, A., and Wilcoxon, F. J., Econ. Entom. **23**, 1930, 608—18.
[5]) Heiduschka, A., Pharmaz. Zentralhalle **68**, 1927, 337, 353, 369.
[6]) Rundshagen, H., Chem. Ztg. 50, 1926, 42.
[7]) Rasmussen, H. B., Z. f. analyt. Ch. 55, 1916, 81.
[8]) Tóth, J., Chem. Ztg. 25, 1901, 610
[9]) Rundshagen, H., Chem. Ztg. 50, 1926, 42.

zugegeben, daß alles beim Zerdrücken mit einem Pistill in ein homogenes Pulver zerfällt. Den Inhalt der Schale führt man unter Nachspülen mit Gips in einen Kjeldahlkolben über. Dem Gemenge entzieht man das Nikotin mit einer Mischung von 50 ccm Äther und 50 ccm Petroläther bzw. Toluol. Nach dem Zusatz der Extraktionsflüssigkeit schließt man das Gefäß sofort dicht zu und schüttelt 15 Min. lang im Schüttelapparat. Man zentrifugiert und gießt einen Teil der Mischung durch ein Filter und titriert dann eine gemessene Menge, mit nicht ganz dem gleichen Volumen Wasser versetzt, Jodeosin als Indikator benutzend, mit n/10-$H_2SO_4$. Die Frage, ob etwa im Untersuchungsmaterial anwesendes Ammoniak hierbei belanglos, ist umstritten (Rasmussen l. c. 114). Zur Kontrolle kann man in Zweifelsfällen das Nikotin noch polarisieren. Das Äther-Petrol-Äthergemisch wird dann durch Toluol ersetzt. Nach dieser Methode erhält man bei Toluol als Lösungsmittel völlig klare leicht polarisierbare Lösungen.

Auch mit Hilfe der Kieselwolframsäuremethode ist die Titration des Nikotins möglich.[1])

Von dem Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche sind nach Untersuchungen von Mach[2]) folgende Verfahren (a und b) zur Bestimmung des Nikotins in Tabakextrakt vereinbart worden:

a) *Kieselwolframsäuremethode.* Man bringt 10 g des sorgfältig durchmischten Tabakextraktes in einen geräumigen Kissling- oder Kjeldahlkolben, verdünnt bis zur Dünnflüssigkeit mit 10—15 ccm Wasser, gibt 10 ccm 50%iges NaOH sowie etwas Paraffin hinzu und destilliert unter Verwendung eines Kugelaufsatzes und eines Liebigschen Kühlers im Wasserdampfstrom. Die Flüssigkeitsmenge im Destillationskolben, der durch eine Kochflamme zu erwärmen ist, soll sich während der Destillation nicht wesentlich ändern. Als Vorlage dient ein mit 50 ccm 10%igem HCl beschickter Literkolben. Der Vorstoß des gut wirkenden Kühlers muß in die Säure eintauchen und der Wasserdampf besonders zu Beginn der Destillation zur völligen Absorption der Nikotindämpfe langsam eingeleitet werden.

Bei stark schäumenden Extrakten sind einige Kubikzentimeter Chlorkalziumlösung zuzugeben.

Sind nahezu 1000 ccm abdestilliert, fällt man das Nikotin aus 100 ccm des auf 1 l aufgefüllten Destillats (bei mehr als 10% Nikotin enthaltenden Extrakten nimmt man besser 50 ccm) mit 10 ccm 10%iger Kieselwolframsäure, rührt $\frac{1}{2}$ Stunde, filtriert durch einen Asbestgoochtiegel, wäscht mit 0,5%iger HCl, bis das Filtrat nach Zugabe einer nicht zu kleinen Messerspitze Zinkstaub nicht mehr blau wird, glüht 10 Min. kräftig und wiegt als $SiO_2 \cdot 12 WO_3$. Das Gewicht des Niederschlags, mit 0,1139 multipliziert, ergibt die Nikotinmenge.

b) *Polarisationsmethode.* Man verreibt 20 g Extrakt in einer glasierten Porzellanschale mit 4 ccm NaOH Lauge (1 : 1) und ausgeglühtem Seesand zu einer halbtrockenen Masse, mischt so viel gebrannten Gips hinzu, daß ein nahezu trockenes Pulver entsteht und bringt dieses Pulver in eine mit Glasstöpsel versehene Flasche (Schüttelzylinder). Die Schale spült man mit Sand und Gips nach. Zu dem Pulver gibt man eine Messerspitze (etwa $\frac{1}{2}$ g) Tierkohle und 100 ccm Toluol, verschließt gut, überbindet nötigenfalls mit Pergament und läßt 2—3 Stunden unter wiederholtem Schütteln einwirken oder schüttelt die Flasche 1 Stunde im Rotierapparat. Nach dem Absetzen filtriert man 30—40 ccm durch ein trockenes, in bedeckt zu haltendem Trichter befindlichem Filter und polarisiert die Lösung im 200-mm-Rohr. Die abgelesene Drehung (Schmidt-Haensch), durch 3,40 dividiert, ergibt die Nikotinmenge in g in 100 ccm Flüssigkeit. Da das Nikotin sich ohne Volumenänderung in Toluol löst, ist eine Korrektur nach der Formel $x = \frac{100\,y}{100 - y}$ anzubringen, worin $y$ die gefundenen Gramme Nikotin in 100 ccm Lösung bedeutet. $x \times 5 =$ Prozentgehalt des Extraktes an Nikotin.

Zu diesem Polarisationsverfahren bemerkt Mach, daß bei erheblichen Abweichungen zwischen diesem und dem Kieselwolframsäureverfahren, die auf optisch inaktives Nikotin zurückzuführen sind, noch eine dritte titrimetrische Bestimmung oder ein anderes Fällungs-

---

[1]) Kasansky, B., Ztschr. f. anal. Chem. **83**, 1931, 107; Wakeham, G., Chemist Analyst **19**, 1930, 8.

[2]) Mach, F., Landw. Versuchsstat. **95**, 1919, 40; **97**, 1921, 164; Ztschr. f. angew. Chem. **37**, 1924, 91; König, J., Unters. landw. u. landw. gewerbl. wichtiger Stoffe. 5. Aufl., Bd. **2**, 1926, S. 283, 874.

verfahren heranzuziehen ist. Hierfür ist vor allem das Pikrolonsäureverfahren von Matthes und Rammstest[1]) zu empfehlen.

Dem vorstehenden Polarisationsverfahren ist die spezifische Drehung von 170° zugrunde gelegt. König[2]) gibt für reine Lösungen in Benzol 174°, in Toluol 177°, in Xylol 181° an und empfiehlt, bei Analysen für Lösungen in Benzol 167°, in Toluol 170°, in Xylol 173°. In einer späteren Arbeit[3]) macht er weitere Angaben über die Umrechnung der abgelesenen Drehungswerte. Rasmussen fand für Nikotin in Toluol $[\alpha]_D = 166°$.

L. Frank[4]) gibt folgendes Verfahren an. 10 g gut zerkleinerter u möglichst gepulverter Tabak werden in einem Schüttelzylinder von 250 ccm Inhalt nach A. Röhrig, der zwischen den Teilstrichen 60—70 ccm ein angeschmolzenes Ablaßrohr mit Hahn aufweist, nach Zusatz von 10 ccm 20 %igem KOH mit 100 ccm Äther und 100 ccm Petroläther $\frac{1}{4}$ Stunde lang kräftig geschüttelt. Das Schütteln wird öfter wiederholt und hierauf die Mischung einige Stunden bzw. zum Absetzen über Nacht stehen gelassen. Man entnimmt aus dem Ablaßrohr 100 ccm vollständig klaren Extrakt, filtriert ihn über vorher ausgeglühtes wasserfreies Natriumsulfat, wäscht mit trockenem Äther nach und destilliert den Äther-Petroläther ab. Der meist grün gefärbte Rückstand wird mit kaltem Wasser geschüttelt. Die wässerige Lösung filtriert man nach einigem Stehen und titriert die filtrierte Lösung, die meist farblos, zuweilen etwas getrübt ist, mit n/10-HCl (Indikator Kongorot). Beim Vergleich dieser Methoden mit den Verfahren von Kiessling, Keller und Rundshagen wurden gleiche Ergebnisse erzielt.

B. Pfyl und Ottilie Schmitt[5]) haben ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem die flüchtigen Basen des Tabaks mit Wasserdampf abgetrieben und das Nikotin in der Vorlage als Dipikrat gefällt wird. Pyridin und eine Reihe anderer Basen fallen hierbei nicht mit aus. Die Pikrinsäure des Dipikrats wird bei Gegenwart von Toluol vermittels Phenolphthalein und darauf die vom Toluol aufgenommenen freien Basen vermittels Jodeosin titriert. Im ersten Fall wird genau die doppelte Anzahl ccm n/10-Lauge verbraucht wie im zweiten Fall ccm n/10-Säure. Für die Wasserdampfdestillation benutzen Pfyl und Schmitt einen Destillationskolben von 500 ccm Inhalt, 14 cm Halslänge und 2,5 cm innerem Halsdurchmesser. Das mit dem Kühler verbundene Destillationsrohr ist unten spitz zugeschmolzen und seitlich über der Spitze mit zwei Öffnungen versehen. In dem Destillationskolben werden 10 g zerkleinerter Tabak mit 150 ccm Wasser versetzt und wiederholt geschüttelt, um die Masse gleichmäßig mit Wasser zu durchtränken. Nach Zugabe von 50 g NaCl schüttelt man nochmals wiederholt während 1 Stunde. Darauf setzt man einen aus 2 g MgO mit wenig Wasser hergestellten Brei hinzu und spült mit etwa 50 ccm Wasser nach. Hierauf erfolgt die Wasserdampfdestillation. Als Vorlage dient ein Meßkolben von 300 ccm Inhalt. Der Destillationskolben wird in einem Babotrichter erhitzt. Durch die Zugabe von NaCl wird das quantitative Übertreiben des Nikotins wesentlich erleichtert, so daß 300 ccm Destillat die gesamte Nikotinmenge enthalten. MgO soll die Zersetzung N-haltiger Stoffe, die bei Verwendung starker Laugen zu befürchten ist, vermeiden. Nach erfolgter Destillation soll man sich von der alkalischen Reaktion des Rückstandes überzeugen.

Verbesserungsvorschläge für die Pfyl-Schmittsche Methode gaben Brauer[6]) und Bolm[7].) Mohr[8]) beschreibt eine einfache Pikratmethode.

Chattaway und Parkes[9]) bestimmen das Nikotin nach der Wasserdampfdestillation als Tetrachlorjodid.

Die Anwesenheit von *Pyridin in Nikotinpräparaten* erfordert besondere Arbeitsweise. Die meisten Verfahren begnügen sich damit, das Pyridin zu entfernen und lediglich das Nikotin

---

[1]) Matthes, H., und Rammstest, O., Ztschr. f. anal. Chem. **46**, 1907, 565.

[2]) König, J., Chem. Ztg. **35**, 1911, 521 und 1047; **36**, 1912, 86.

[3]) König, J., Ztschr. Unters. Lebensmittel **59**, 1930, 407.

[4]) Frank, L., Chem. Ztg. 51, 1927, 658.

[5]) Pfyl, B., und Schmitt, Ottilie, Ztschr. Unters. Lebensmittel **54**, 1927, 60—78; Chem. Ztg. 51, 1927, 560.

[6]) Brauer, K., Pharmaz. Zentralhalle **71**, 1930, 209.

[7]) Bolm, F., Ztschr. Unters. Lebensmittel **59**, 1930, 602.

[8]) Mohr, W., Ztschr. Unters. Lebensmittel **66**, 1933, 362; Chem. Ztrbl. 1933, **II**, 3502.

[9]) Chattaway, F. D., and Parkes, G. D., J. Chem. Soc. **28**, 1929, 17.

durch eins der vorstehenden Fällungs-, Titrations- oder Polarisationsverfahren zu bestimmen. Bei der Polarisation ist die Abtrennung des Pyridins nicht einmal nötig.[1])

Fryer[2]) trennt Pyridin und Nikotin durch fraktionierte Destillation und verwendet die Refraktion zur Unterscheidung.

Die von Rasmussen[3]) empfohlene Trennung durch Destillation mit Essigsäure und Wasserdampf ist nach Mach und Sindlinger[4]) nur bei Vorhandensein geringer Pyridinmengen (0,1—0,2 g) geeignet. Ist mehr Pyridin vorhanden, so genügt das Abdestillieren von 150 ccm nicht zur Entfernung des Pyridins. Wird aber mehr destilliert, so geht auch Nikotin über. Es ist deshalb nötig, die abdestillierte Säuremenge durch ständiges Zutropfenlassen frischer Essigsäure zu ergänzen und zum Festhalten etwa mitgerissenen Nikotins einen mit 5 ccm Essigsäure und 20 ccm Wasser beschickten zum Sieden erhitzten Kolben zwischenzuschalten. Für die einwandfreie Ermittelung von Nikotin und Pyridin nebeneinander empfehlen Mach und Sindlinger ein ziemlich umständliches Verfahren, bei dem zunächst das ungefähre Mengenverhältnis der Basen festgestellt und danach die für die Pyridinbestimmung geeignete Menge genommen wird. Bei der Trennung ist das dauernde Zutropfen frischer Essigsäure von entscheidender Bedeutung. Zur Bestimmung des Pyridins muß dieses einer zweiten Destillation aus stark alkalischer Lösung unterworfen werden.

Lehmann, K. B.[5]) benutzt zur Titration des in n/10 $H_2SO_4$ aufgefangenen Pyridins Karminsäure als Indikator. 1 ccm n/10-Säure = 7,9 mg Pyridin. Vgl. zur Bestimmung von Pyridin neben Nikotin auch Strafford[6]) und Gisiger[7]).

Eine andere Möglichkeit, Nikotin auch in Gegenwart von Pyridin rasch zu bestimmen, aber auch die Menge des Pyridins festzustellen, ergibt sich aus der Löslichkeit des Pyridinsilicowolframates in heißer 0,5 %iger HCl. Bei diesem Verfahren wird das Pyridinsilikowolframats in heißer 0,5 %iger HCl. Bei diesem Verfahren wird das Pyridinsilikowolframat aus dem Fällungsgemisch durch Erhitzen mit der Säure bis zum Sieden herausgelöst. Im Filtrat kann das Pyridin nach besonderem Verfahren bestimmt werden. Auch die Löslichkeit des Pyridinsilikowolframats in viel kalter 0,5 %iger HCl kann zur Trennung benutzt werden.

Nach Barta[8]) läßt sich Pyridin vom Nikotin bei Gegenwart von Zitratpufferlösung vom $pH = 3,0$ (4 ccm 0,1 mol Dinatriumzitratlösung + 6 ccm n/10 HCl) durch Wasserdampfdestillation trennen und bestimmen.

Von diesem Puffer wird das halbe Volumen der Pyridin, Nikotin und Ammoniak enthaltenden Lösung zugesetzt und im Wasserdampfstrom destilliert. Nur Pyridin geht dabei über. Die Untersuchungslösung soll nicht mehr als 3 mg Pyridin enthalten, sie wird nötigenfalls neutralisiert (Indikator Methylrot). Nach Zugabe der Pufferlösung destilliert man aus einem Parnas-Wagnerschen Apparat 50 ccm ab. In dem Destillat läßt sich das Pyridin kolorimetrisch bestimmen, und zwar werden 5 ccm davon mit 1 ccm BrCN-Lösung und sofort darauf mit 5 ccm 0,2 %iger alkoholischer $\beta$-Naphylaminlösung (nicht lange haltbar) versetzt. Nach Umschütteln wird nach 2—3 Stunden die Rotfärbung in einem guten Kolorimeter mit der von Standardlösungen verglichen. Die immer frisch herzustellende Bromzyanlösung erhält man durch tropfenweises Versetzen gesättigten Bromwassers mit 10 %iger KCN-Lösung und fünffaches Verdünnen mit Wasser.

Bei einer Kontrollbestimmung gingen von 30 ccm 20 mg Nikotin und Ammoniak enthaltender, mit 15 ccm Pufferlösung versetzter Lösung im Wasserdampfstrom 120 ccm von Nikotin und Ammoniak vollständig freies Destillat über.

---

[1]) Surre, L., Ann. Falsif. **4**, **1911**, 331; Ztschr. f. anal. Chem. **52**, 1913, 125; Emery, J., Am. chem. Soc. **26**, **1904**, 1113; Chem. Ztlbl. 1904, II, 1347; Bertrand, G., and Javillier, M., Ann. Chim. anal. appl. **16**, **1911**, 251; Chem. Ztlbl. 1911, II, 910.

[2]) Fryer, P. J., U. C. H., Analyst. **44**, **1919**, 363; Chem. Ztlbl. 1920, II, 315.

[3]) Rasmussen, H. B., Ztschr. f. anal. Chem. 55, 1916, 81.

[4]) Mach, F., und Sindlinger, F., Ztschr. f. angew. Chem. 37, 1924, 89.

[5]) Lunge-Berl, Untersuchungsmethoden. 7. Aufl. Bd. 1, 1921, S. 681.

[6]) Strafford, N., Analyst. **58**, 1933, 380; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1902.

[7]) Gisiger, L., Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. **24**, 1933, 42; Chem. Ztrbl. 1933, I, 2772.

[8]) Barta, L., Biochem. Ztschr. **277**, 1935, 413.

Barta fand ferner, daß aus wässerigen Nikotinlösungen, die 0,5% HCl und weniger als 26 mg Pyridin in 100 ccm enthalten, nur das Nikotin mit Kieselwolframsäure ausfällt.

Der qualitative Nachweis des Pyridins in Tabakextrakt läßt sich nach Rasmussen auf Grund einer von Wöhlk zum Nachweis von Pyridin in Ammoniaksalzen angegebenen Methode wie folgt erbringen: 15—20 ccm des ätherischen Auszuges des alkalischen Tabakextraktes werden in einer Schale mit einigen Tropfen Essigsäure versetzt. Der nach dem Eindunsten der ätherischen Flüssigkeit erhaltene Rückstand wird mit etwa 0,5 g kristallinischem Natriumkarbonat und etwa 5 g pulverisiertem Natriumborat versetzt und die Mischung sorgfältig umgerührt. Das Pyridin läßt sich durch den Geruch deutlich erkennen. Auf diese Weise kann man weniger als 0,01 g Pyridin neben der 25fachen Menge Nikotin nachweisen.

Ein Verfahren für die Bestimmung des Nikotins und Ammoniaks in ammoniakalischen Nikotinlösungen gibt Niççoli[1]) an.

Zur ungefähren Unterrichtung über den Nikotingehalt von Tabakproben dient das folgende kurze Verfahren von Scherpe[2]): 6 ccm Tabakauszug werden in einem kleinen Becherglase mit 0,6 ccm Bleiessig vermischt und 0,32 g Glaubersalzpulver zugegeben. Dann rührt man mit einem abgeplatteten Glasstabe etwa 2 Min. lang um, zerdrückt dabei das Glaubersalzpulver möglichst fein und filtriert den erhaltenen gelbbraunen dünnen Brei in die weiter unten beschriebene graduierte Röhre, spült das Gefäß mit 1%iger Glaubersalzlösung aus und wäscht den Niederschlag mit dieser Lösung, bis das Filtrat die durch einen Strich markierte Höhe von 20 ccm über dem Boden erreicht hat. Darauf werden zum Filtrat 3 ccm 15%iger Kieselwolframsäure gegeben. Die mit einem Korken verschlossene Röhre wird sodann 2mal umgekehrt und hingestellt. Nach 24 Stunden wird die Oberfläche des Sediments durch vorsichtiges Beklopfen und Neigen der Röhre horizontal eingeebnet und die der Sedimenthöhe entsprechende Nikotinmenge abgelesen, wobei für die zwischen den Teilstrichen liegenden Niveaus der Sedimente der entsprechende Nikotingehalt durch Schätzung ermittelt wird. Wie bereits angegeben, ist die Ablesung nach 2stündigem Absitzen zulässig, wenn zu dieser Zeit die Höhe des Sediments weniger als 2 cm (entsprechend 16 mg Nikotin) beträgt; doch ist der gefundene Nikotinwert alsdann mit 0,83 zu multiplizieren.

Die graduierten Glasröhren haben folgende Abmessungen: 25 cm Länge und genau 1,35 cm lichten Durchmesser, aus in der Weite sehr gleichmäßigen Röhren hergestellt, mit genau ebenem Boden, einer Marke unterhalb der Mündung und folgender Skala:

| Höhe über dem Boden cm | Marke g Nik. | Höhe über dem Boden cm | Marke g Nik. |
|---|---|---|---|
| 1,38 | 0,01 | 4,36 | 0,045 |
| 1,91 | 0,015 | 4,72 | 0,05 |
| 2,38 | 0,02 | 5,07 | 0,055 |
| 2,81 | 0,025 | 5,41 | 0,06 |
| 3,22 | 0,03 | 5,74 | 0,065 |
| 3,61 | 0,035 | 6,06 | 0,07 |
| 3,99 | 0,04 | | |

Eine *mikrotitrimetrische Methode* zur Bestimmung des Nikotins beschreiben Bodnár und Nagy[3]): 1 g Tabakpulver wird in eine mit gut schließendem Glasstöpsel versehene trockene Pulverflasche von 50 ccm eingewogen, 1 ccm 20%ige wässerige NaOH zugefügt und mit einem Glasstäbchen gut durchgemischt. Sodann gibt man genau abgemessene 20-ccm-Äther-Petroläthermischung (1 : 1) hinzu, schüttelt mehrmals gut durch und läßt 2 Stunden bei mehrmaligem Umschütteln stehen. Nachher werden aus der über dem völlig abgesetzten Tabakpulver stehenden klaren, gelbfarbigen Äther-Petrolätherlösung 10 ccm in einen 100 ccm

[1]) Niccoli, L., Boll. tecnico Scafati **24**, 1927, 67; Jahresber. f. Agrikulturchem. **70**, 1927, 439.

[2]) Scherpe, R., Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, **71**, 1927, 93.

[3]) Bodnár, J., und Nagy, V. L., Biochem. Ztschr. **227**, 1930, 452.

Erlenmeyerkolben abpipettiert. Den Kolben läßt man auf einem vorher zum Sieden erhitzten Wasserbad so lange stehen, bis 1—1,5 ccm dunkelgrünlichbraune, dicke Lösung zurückbleiben, was 1—1½ Min. in Anspruch nimmt. Zu der in dem Kolben gebliebenen Lösung gibt man etwa 10 ccm Wasser, 2—3 Tropfen alkoholische Methylrotlösung und titriert mit 0,01 n-HCl, bis die grünlich-gelbe Farbe der Lösung in Rot übergeht; der Übergang ist sehr deutlich.

Eine Halbmikromethode gibt Burmann[1]) an.

Für die mikroanalytische Bestimmung des Nikotins in grünen Pflanzen empfehlen Bodnár und Nagy[2]), die Blätter mehrere Stunden bei 95—97° zu trocknen, weil bei niedriger Temperatur Verluste durch fermentative Spaltung des Nikotins eintreten sollen.

Die mikrotitrimetrische Bestimmung des Nikotins im Tabakrauch nach Überführung der Base in das Dipikrat kann auch für die Bestimmung kleiner Mengen Nikotin in Pflanzenschutzmitteln benutzt werden.[3]) Weiteres über Nachweis und Bestimmung kleiner und kleinster Mengen Nikotin siehe Nagy und Dickmann[4]), Bodnár und Nagy[5]), Wenusch[6]), Hofmann.[7])

Auch *elektrometrisch* ist freies und gebundenes Nikotin im Tabakextrakt bestimmbar.[8])

Über die Bestimmung von Chinolin in Nikotin siehe O. Wagner.[9])

## Strychnin

Für die Strychninbestimmung im Strychningetreide geben Mach und Lederle[10]) folgendes Verfahren an:

„Man verreibt 15 g durch ein 1-mm-Sieb getriebenes Giftgetreide in einer Reibschale innig mit 5 ccm einer 30 %igen NaOH Lauge, setzt soviel gut bindenden gebrannten Gips hinzu, bis das Gemisch trocken erscheint, tut es in eine Papierpatrone und extrahiert in einem geräumigen Soxhlet-Extraktionsapparat mindestens 3 Stunden mit Chloroform. Das zum Auffangen des Auszuges dienende Kölbchen stellt man in ein siedendes Wasserbad und benutzt einen gut wirkenden Rückflußkühler.

Nach Entfernung der Extraktionshülse destilliert man das Chloroform ab, bringt den mit Äther aufgenommenen Extraktionsrückstand in einen Schüttelzylinder, spült das Kölbchen wiederholt mit kleinen Mengen Äther nach — im ganzen werden etwa 50 ccm Äther benötigt — und schüttelt die ätherische Lösung 5mal mit je 20 ccm 1 %iger HCl aus. Die salzsauren Auszüge sammelt man in einem 150-ccm-Kölbchen, befreit sie durch Aufkochen von geringen Äthermengen, läßt abkühlen, füllt mit 1 %iger HCl auf und filtriert.

50 ccm des Filtrats (gleich 5 g Substanz) dampft man auf dem Wasserbade zur Trockne, nimmt mit 100 ccm Wasser auf, erhitzt zum Sieden, gibt 10 ccm einer 10 %igen Kieselwolframsäure und sodann 5 ccm einer 10 %igen HCl zu und läßt bis zum nächsten Tage stehen. Man sammelt den Niederschlag auf einem Asbestfilter in einem Porzellangoochtiegel, wäscht mit 1 %iger HCl aus, trocknet den in einen Platinschuh oder in einen Platinvolltiegel gestellten Goochtiegel zunächst bei ganz kleiner Flamme und glüht schließlich über dem Teklubrenner bis zum beständigen Gewicht. Strychninmenge = Gewicht des Niederschlages mal 0,4697, Strychninnitratmenge = Gewicht des Niederschlages mal 0,5583."

Nach einer unveröffentlichten Angabe von Rohweder sind für die Analyse nach Mach und Lederle folgende Abänderungen empfehlenswert: Anwendung von 10 g anstatt 15 g

[1]) Burmann, J., Helv. chim Acta **13**, 1930, 785.

[2]) Bodnár, J., und Nagy, V. L., Biochem. Ztschr. **206**, 1929, 410.

[3]) Barta, L., und Toole, E., Ztschr. f. anal. Chem. **44**, 1931, 682.

[4]) Nagy, V. L., und Dickmann, A., Ztschr. f. anal. Chem. **94**, 1933, 12.

[5]) Bodnár, J., und Nagy, V. L., Z. Unters. Lebensmittel **67**, 1934, 598; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1388.

[6]) Wenusch, A., Z. Unters. Lebensmittel **67**, 1934, 601; Chem Ztrbl. 1934, II, 1387.

[7]) Hofmann, R., Mikrochemie **18** (N. F. 12), 1935, 24—30.

[8]) Vickery, H. B., und Pucher, G. W., J. biol. Chemistry **84**, 1929, 233—241; Chem. Ztbl. 1930, I, 301.

[9]) Wagner, O., Chem. Ztg. **53**, 1929, 326.

[10]) König, J., Unters. landw. wichtiger Stoffe **2**, 1926, 368.

Getreide, ½stündiges Stehenlassen der Getreide-Natronlauge-Verreibung, 1stündiges Vortrocknen bei 50° und weiteres 3stündiges Trocknen bei 105° der gefüllten Hülse, 5stündige Extraktionsdauer.

Stuber und Kljatschkina[1]) fällen das Strychnin als Silikowolframat durch Zugabe von 10 ccm 10%iger $HNO_3$ und 8—10 ccm 10%iger Kieselwolframsäurelösung zu der etwa 0,15 g Strychnin enthaltenden Flüssigkeit (etwa 80 ccm). Man erwärmt 15—20 Minuten im Wasserbade, filtriert nach 18 Stunden den gut abgesetzten Niederschlag durch ein aschefreies Filter oder einen Quarzgoochtiegel, wäscht mit angesäuertem Wasser, trocknet, verascht und glüht schwach. Der Rückstand soll gelb oder grünlichgelb sein. Bei rein grüner Färbung muß mit $HNO_3$ oxydiert werden. Nach den Untersuchungen Stubers und Kljatschkinas ist der von Azodian angegebene Faktor 0,498 zur Umrechnung des Alkaloidgehaltes aus dem geglühten Silikowolframat viel zu hoch. Nach Bertram hat Strychnin-Silikowolframat die Zusammensetzung: $12\,WoO_3 \cdot SiO_2 \cdot 2\,H_2O \cdot 4\,C_{21}H_{22}O_2N_2 \cdot 8\,H_2O$. Daraus ergibt sich für den Glührückstand der Faktor 0,4697. Doch gibt auch dieser Faktor noch um 10% zu hohe Werte. Die Verfasser legen den Faktor 0,422 für den Glührückstand bezogen auf Strychnin fest. Auf den Silikowolframat-Niederschlag bezogen ist der Faktor 0,411 für Strychnin, 0,485 für Bruzin.

J. Krauß[2]) empfiehlt folgendes abgekürzte und zuverlässige Verfahren: „50,0 g feingemahlenen Giftweizen wiegt man in einen 500-ccm-Erlenmeyerkolben, tariert und wiegt 150 g eines Gemisches von 250 ccm Äther + 150 ccm Chloroform hinzu. Gerät etwas mehr von dem Gemisch in den Kolben, so wird das ganze Gewicht festgestellt. Jetzt mazeriert man mit 50 ccm eines Soda-Natronlauge-Gemisches (75 ccm 15%ige NaOH, 425 ccm 10%ige $Na_2CO_3$, 500 ccm dest. Wasser) und läßt verschlossen über Nacht stehen (am Tage öfters umschütteln). Am anderen Tage filtriert man durch ein trockenes Filter in einen tarierten Erlenmeyerkolben, wobei man rasch operiert und den Trichter mit einem Uhrglase bedeckt. Man ermittelt durch Wägung die Menge der Lösung und verdunstet auf dem Wasserbade ungefähr zwei Drittel davon. Den Rest filtriert man durch ein mit Chloroform angefeuchtetes Filter in einen kleinen Scheidetrichter, gibt 10 ccm 3%iger $HNO_3$ hinzu sowie so viel Äther, daß die Äther-Chloroformschicht auf der Salpetersäure schwimmt, und schüttelt gut durch. Nachdem noch 2mal mit je 10 ccm 3%iger $HNO_3$ durchgeschüttelt wurde, werden die vereinigten Auszüge durch Erwärmen im Wasserbade von den Lösungsmitteln befreit, in ein Becherglas mit Marke bei 100 ccm filtriert und nachgewaschen. Man füllt bis etwa 15—20 ccm unterhalb der Marke auf, fügt 10 ccm 5%iger Silikowolframsäure zu und füllt bis zur Marke. Jetzt erhitzt man bis zum eben beginnenden Sieden, läßt über Nacht stehen, filtriert durch einen getrockneten und gewogenen Asbestgoochtiegel und wäscht 4mal mit je 1 ccm dest. Wasser aus. Der Tiegel wird nach dem Trocknen über freier Flamme geglüht, bis die reine gelbgrüne Farbe des $WO_3 \cdot SiO_3$ erscheint, und nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen. Durch Multiplikation mit 0,516 erhält man das Gewicht des in der angewandten Menge enthaltenen Strychninnitrates."

Elmore[3]) fällt das Strychnin als Pikrat.

Eine brauchbare *titrimetrische* Methode findet sich im D. A. B. **5**, 466. Sabalitschka[4]) beschrieb ein einfaches titrimetrisches Verfahren. Hök[5]) titriert das in gestellter Säure gelöste Strychnin mit 0,01-n-Boraxlösung zurück, weil 0,01-n-NaOH-Lösungen sich nicht genügend gegen den Einfluß von Kohlensäure schützen lassen.

Zum *Nachweis des Bruzins in Strychnin* benutzen Mach und Lederle[6]) folgendes auf Angaben von Harrison und Gair[7]) und Beckurts und Holst beruhendes, auch zur quantitativen Bestimmung des Bruzins vielleicht ausbaufähiges Verfahren: „Man gibt zu der

[1]) Stuber, E., u. Kljatschkina, B., Arch. Pharm. u. Ber. Dtsch. pharmaz. Ges. **266**, 1928, 33.

[2]) Krauß, J., Ztschr. f. angew. Chem. **44**, 1931, 946.

[3]) Elmore, J. W., J. Ass. Offic. Agric. Chemists **9**, 1926, 224.

[4]) Sabalitschka, W., Ztschr. f. anal. Chem. **78**, 1929, 240.

[5]) Hök, W., Svensk farm. Tidskr. **33**, 1929, 405; Chem. Ztrbl. 1929, II, 2586.

[6]) König, J., Unters. landw. u. landgewerbl. wichtiger Stoffe 1926, II, 887.

[7]) Harrison, E. F., u. Gair, D., Pharm. Journal **17**, 1903, 165.

alkaloidhaltigen Lösung 30 ccm 15 %ige Ferrozyankaliumlösung und unter Umrühren so viel HCl, daß 10 % HCl vorhanden sind. Das Strychnin scheidet sich als weißer, feinkristallinischer Niederschlag nach etwa 10 Min. langem Stehen quantitativ aus. Zur Prüfung des Filtrats auf Bruzin versetzt man mit wenigen Tropfen 15 %ige Kieselwolframsäure. Bei Gegenwart von zu berücksichtigenden Mengen Bruzin entsteht ein kräftiger Niederschlag. Eine schwache Trübung entsteht in den meisten Fällen, sie entspricht dem geringen Gehalt der technischen Strychninsalze an Brucin.

Nach Keller[1]) läßt sich das Bruzin neben Strychnin indirekt bestimmen, indem man das Basengemisch in 10 ccm Schwefelsäure löst, in der Kälte 1 ccm Salpetersäure (D = 1,4) zugibt und 1—1½ Stunden stehen läßt. Dadurch zersetzt sich das Bruzin in ein in Alkali losliches Phenolerivat[2]) und das Strychnin allein kann nach Versetzen der Flüssigkeit mit Alkali im Überschuß mit Chloroform-Äther ausgezogen und massanalytisch bestimmt werden. Weiteres über die Bestimmung des Bruzins neben Strychnin siehe Gerock[3]) und Dufilho.[4])

Wöber[5]) benutzt die rotgelbe Färbung, die Bruzin mit Salpeterschwefelsäure gibt, zu einer empfindlichen kolorimetrischen Bestimmung dieses Alkaloids auch im Gemisch mit dem 500fachen an Strychnin. Erkennbar sind mit dieser Reaktion noch 0,1 mg Bruzin in 50 ccm Lösung. Zur Untersuchung benötigt man:

1. eine Normalbruzinlösung, enthaltend 0,1 g wasserfreies Bruzin in 100 ccm 1 %iger chemisch reiner $H_2SO_4$;
2. eine Strychninlösung, enthaltend 0,5 g Strychnin in 100 ccm 1 %iger $H_2SO_4$;
3. das Salpetersäurereagens: 1 Vol. $HNO_3$ (D = 1,4) + 1 Vol. $H_2SO_4$ (20 Gew.-%);
4. eine gesättigte wässerige $KClO_3$-Lösung.

Zur Analyse löst man einerseits 0,1 g des zu untersuchenden reinen Alkaloidgemisches in 20 ccm 1 %iger $H_2SO_4$ durch Erwärmen und füllt mit der gleichen $H_2SO_4$ auf 30 ccm auf. Andererseits mißt man 20 ccm der Lösung (2) ab, läßt ein genau gemessenes Volumen der Lösung (1) zufließen und füllt mit 1 %iger $H_2SO_4$ auf 30 ccm auf.

In jede der beiden kalten Lösungen läßt man gleichzeitig 10 ccm des Reagens (3) einfließen, verrührt, läßt 1 Min. stehen und fügt zu jeder Mischung 2 ccm der Lösung (4) zu, rührt gut durch und füllt je nach der Farbintensität auf 50 oder 100 ccm mit Wasser auf.

## Veratrin

Eindeutige Reaktionen auf Veratrumalkaloide sind noch nicht gefunden worden. Über mikrochemische Nachweisversuche vgl. Klein, Herndhofer und Tröthandel[6]). Pharmakologisch ist Veratrin nach Hummelsheim[7]) am Blutegel bestimmbar, nach Christensen und Mc Lean[8]) an Tauben.

## Anabasin

Anabasin kann nach Wenusch und Bilowitzki[9]) in Abwesenheit von Nikotin gravimetrisch wie dieses bestimmt werden. Auch die Zusammensetzung der kieselwolframsauren Salze ist gleich.

---

[1]) Keller, Ztschr. f. anal. Chem. **33**, 1894, 492.
[2]) Keller, Ann. Falsifications **21**, 1928, 204.
[3]) Gerock, J. E., Arch. Pharm. 27. 1889, 158 (Strychninpikrat).
[4]) Dufilho, E., Bull. Soc. Pharm. Bordeaux **65**, 1927, 7; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1059.
[5]) Wöber, A., Ztschr. f. angew. Chem. **31**, 1918, 124.
[6]) Klein, G., Herndhofer, E., u. Tröthandel, O., Öster. Bot. Ztschr. **77**, 1928, 111.
[7]) Hummelsheim, C. H., Arch. exp. Path. Pharmak. **172**, 1933, 227; Chem. Ztrbl. 1934, I, 2459.
[8]) Christensen, B. V., and Mc Lean, A. P., J. Am. pharm. Ass. **25**, 1936, 414—417; Chem. Ztrbl. 1936, II, 3445.
[9]) Wenusch, A., u. Bilowitzki, G., Biochem. Ztschr. **270**, 1934, 15.

Nach Katz[1]) gibt nur Anabasin, nicht Nikotin in Methanol mit $H_2SiF_6$ charakteristische Niederschläge, während eine ätherische Jodlösung mit dem gleichen Vol. ätherischer Alkaloidlösung nur bei Anwesenheit von Nikotin ein rotes Perjodid gibt.

Bolotnikow und Baranenko[2]) fällen die Gesamtalkaloide der Anabasispflanze mit $K_2HgJ_4$ und bestimmen sie danach titrimetrisch.

## Derris und andere Rotenonpflanzen (B6)

Solange die Frage noch nicht endgültig geklärt ist, in welchem Maße Rotenon, die anderen bisher isolierten Derrisstoffe und noch unbekannte Bestandteile des Derrisharzes an der insektiziden Wirkung beteiligt sind, empfiehlt es sich, bei Wertbestimmungen der Derriswurzel und -mittel sowohl den Rotenon- als auch den Extraktgehalt festzustellen. Spoon und van de Laan[3]) meinen, daß bei Anwesenheit von mehr als 4 % Rotenon in der Derriswurzel dieses allein wertbestimmend ist, während der Gesamtextrakt mit zu berücksichtigen ist, wenn weniger als 2 % Rotenon neben verhältnismäßig viel Extrakt vorhanden sind. Den Quotienten Ätherextrakt / Rotenon nennen Hoyer und Leonard[4]) ,,Index of Relative Toxicity". Unter Derrisharz wird im folgenden der Gesamt-Ätherextrakt verstanden, unter Rotenonharz (Takei) der von kristallisierbarem Rotenon befreite Teil des Derrisharzes, der aber damit durchaus noch nicht völlig rotenonfrei ist. Einen Überblick über Derrisuntersuchungsmethoden gibt Roark[5]).

*Qualitativer Nachweis von Derrisstoffen.* Peyer und Hünerbein[6]) schlagen zum Nachweis von Derrispulver folgende Reaktionen vor. Ein kalter, durch 1stündige Mazeration mit Eisessig erhaltener Auszug (1 Derris zu 10 Eisessig) zeigt gelbbraune bis bräunliche Färbung. 2 ccm des Auszuges färben sich nach Zugabe von 2 Tropfen rauchender Salpetersäure rot bis dunkelrot (ebenso färbt sich ein Benzolauszug). Verdünnt man die salpetersäurehaltige Lösung mit Wasser auf 10 ccm, so tritt zitronengelbe bis gelbbraune Färbung ein. Beim Versetzen dieser Mischung mit Natronlauge im Überschuß entsteht vorübergehend Grün- dann Braunfärbung. Bei Verwendung von Ammoniak anstatt Natronlauge ist das Grün beständiger. Schichtet man 2 ccm des Eisessigauszuges auf rauchende $HNO_3$, so bildet sich eine rote Zone. Innerhalb von 15 bis 30 Min. färbt sich die Oberschicht rot bis weinrot.

Eine ähnliche Farbreaktion für Rotenon, die anscheinend auf derselben Umsetzung beruht, beschreiben Jones und Smith[7]). 1 ccm einer Rotenonlösung in Azeton wird mit 1 ccm $HNO_3$ (1 : 1) gemischt und $\frac{1}{2}$ Min. stehen gelassen. Nach Verdünnen mit 8—9 ccm Wasser und Zugabe von 1 ccm konzentriertem $NH_3$ entsteht für kurze Zeit eine Blaufärbung, die mit der Färbung von Bromthymolblau bei $p_H = 7{,}2$ vergleichbar ist. Die Reaktion tritt noch bei Gegenwart von 0,1 mg Rotenon ein, ist aber nach W. Fischer[8]) nicht spezifisch für dieses, sondern wird ebenso auch mit Deguelin und Toxicarol erhalten, dagegen nicht mit Tephrosin, Isotephrosin, Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin.

Eine ebenfalls blaugrüne, beständigere Färbung erhalten Rogers und Calamari[9]), indem sie 1—2 ccm der zu prüfenden Lösung mit 5 ccm $CHCl_3$ mischen, 5 ccm einer Lösung von 10 g Thymol in 100 ccm $CHCl_3$ zufügen und mit 3 ccm einer Mischung aus 0,2 Vol.-Teilen $HNO_3$ und 99,8 Vol.-Teilen HCl $\frac{1}{2}$ Min. schütteln.

---

[1]) Katz, S. A., Ztschr. f. anal. Chem. **108**, 1937, 408.

[2]) Bolotnikow, S. M., u. Baranenko, S. E., Pharmac. J. (russ.) **9**, 1936, 22—26.

[3]) Spoon, W., en van d. Laan, P. A., Ber. Handels-Mus. Kolon. Inst. Amsterdam **98**, 1935, 15 S.; Rev. Appl. Ent., A, **24**, 1936, 87.

[4]) Hoyer, D. G., and Leonard, M. D., Soap **12**, 1936, No. 3; Rev. Appl. Ent., A, **24**, 1936, 461.

[5]) Roark, R. C., Soap **11**, 1935, 2, 97—99.

[6]) Peyer, W., u. Hünerbein, H., Apoth.-Ztg. **46**, 1931, 1485.

[7]) Jones, A., and Smith, C., Ind. Eng. Chem. analyt. Edit. **5**, 1933, 75; Chem. Ztrbl. 1933, II, 582.

[8]) Fischer, W., Unveröffentlichte Beobachtung.

[9]) Rogers, H. D., u. Calamari, J. A., Ind. Eng. Chem., An. Ed. **8**, 1936, 135; Chem. Ztrbl. 1937, I, 1511.

Eine weitere Farbreaktion auf anderer Grundlage (Oxydation mit $NaNO_2$ in konzentriertschwefelsaurer Lösung) haben Danckwortt, Budde und Baumgarten[1]) angegeben. Es empfiehlt sich, die von den Autoren angewandte Arbeitsweise durch diejenige von W. Fischer und Nitsche[2]) zu ersetzen, weil dadurch die Empfindlichkeit und Sicherheit des Nachweises sehr erhöht werden. Es sind dann nicht 0,1 mg (Danckwortt), sondern etwa 0,002 mg nachweisbar. Statt des Nitrits eignen sich auch andere Oxydationsmittel, z. B. Nitrate und Ferrisalze. Rotenon, Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin geben eine violette Färbung, Deguelin, Toxicarol, Tephrosin und Isotephrosin geben rötlich-violette Färbungen.[3])

*Bestimmung des Derrisharzes.* Sehr einfach gestaltet sich diese bei reiner Derriswurzel. Man extrahiert die feingepulverte Wurzel im Soxhlet 8—24 Stunden (je nach der Menge und der Extraktionsgeschwindigkeit) erschöpfend mit Äther, verjagt diesen und bringt den Rückstand im Vakuum zu völliger Trockenheit.

Bei Derriszubereitungen würde dieses Verfahren teils unsicher werden, teils auf die größten Schwierigkeiten stoßen oder auch gänzlich versagen. Harzartige Verfälschungen der Derriswurzel oder viele von Derrisharz nicht zu trennende Beistoffe der Handelszubereitungen würden miterfaßt werden. Für diese Fälle bedient man sich zweier kolorimetrischer Methoden, die quantitative Ausgestaltungen der qualitativen Farbreaktionen von Jones und Smith sowie von Danckwortt und Mitarbeiter sind.[4])

## Blaukolorimetrie

Bereitung der Vergleichsreihe (Standardreihe). Aus 27,2 g $KH_2PO_4$, 160 ccm $H_2O$ und 120 ccm n-NaOH wird eine Pufferlösung vom $p_H$ : 7 bereitet. 25 mg Bromthymolblau werden in 25 ccm Alkohol gelöst. Man versetzt 3 ccm dieser Lösung mit 33 ccm Pufferlösung, gibt 12 ccm der Verdünnung in ein kalibriertes Reagenzglas (Lösung Nr. 1), verdünnt den Rest mit Pufferlösung auf die Hälfte, nimmt wieder 12 ccm ab (Lösung Nr. 2), verdünnt den Rest wieder usw., bis Nr. 6 erreicht ist. Auf alle Flüssigkeiten gibt man etwas Toluol + flüssiges Paraffinöl. Die Röhren werden gut verstopft.

Die Kalibrierung erfolgt durch Vergleich der Höhen, die bestimmte Volumina Wasser einnehmen. Man verwende keine in der Weite stark abweichenden Röhren. Etwa 10 gleichweite Röhren halte man für die Ausführung der Analysen bereit.

Man setze die Röhren in ein möglichst langes Reagenzglasgestell, so daß je ein Zwischenraum zwischen zwei Röhrchen frei bleibt. Durch Mattglas, Filtrierpapier oder dergleichen sorge man für zerstreutes Licht. Seitenlicht, welches blenden könnte, ist abzuschirmen. Die Aufstellung erfolgt vor einem hellen Fenster.

Filter. Unerläßlich sind orangegelbe Filter, etwa vom Farbton neutraler Methylorangelösung. Die Dichte muß ausprobiert werden. Zu dünne Filter sind weniger brauchbar als strenge Filter. Lösung 1 soll durch das Filter sehr dunkel, aber nicht völlig undurchsichtig erscheinen. Man badet z. B. einen unbelichteten, ausfixierten und gut gewässerten photographischen Film in einer wässerigen Lösung von 2% Tartrazin und 0,1% Neucoccin (Agfa), spült ab, schleudert Wassertropfen gut ab, trocknet hängend, schneidet runde Stücke aus und setzt diese in eine Sonnenbrillenfassung. Das Arbeiten mit der Filterbrille ist sehr zu empfehlen.

Ausführung der Messung. Im allgemeinen werden für eine Analyse von Rotenon und rotenonreichen Extrakten zunächst 4 ccm einer 0,4%igen Lösung in Azeton gebraucht. Zweckmäßig werden 40 mg in 10 ccm Azeton gelöst. Einen Teil der Lösung verdünne man auf das Doppelte, einen anderen auf das Vierfache. Mit diesen drei Lösungen, die also 4, 2 und 1 mg im ccm enthalten, wird die erste Meßreihe ausgeführt. Bei der unerläßlichen Wiederholung der Messung empfiehlt es sich, etwas andere Konzentrationen zu wählen, also z. B. mit 3 oder 5 mg im ccm zu beginnen oder wenigstens die beiden Verdünnungen etwas anders vorzunehmen.

---

[1]) Danckwortt, P. W., Budde, H., u. Baumgarten, G., Arch. Pharm. 272, 1934, 561.

[2]) Fischer, W., u. Nitsche, G., Mitt. a. d. Biol. Reichsanstalt Nr. 50, 1935.

[3]) Fischer, W., Unveröff. Beobacht.

[4]) Fischer, W., u. Nitsche, G., Mitt. aus d. Biol. Reichsanstalt Nr. 50, 1935; Verbesserungen nach noch unveröff. Beobacht. von W. Fischer.

Jeweils 1 ccm Azetonlösung versetze man mit 1 ccm Salpetersäure (D = 1,2), die 0,01 % $NaNO_2$ enthält, lasse 2 Min. ohne Kühlung stehen, verdünne mit 5 ccm eiskaltem Wasser, kühle dann die Mischung auf mindestens + 7° ab, trockne das Röhrchen ab und füge nun in einem raschen Guß 5 ccm verd. Ammoniak (D = 0,980) aus einem Meßzylinder (nicht Pipette) zu. Die Flüssigkeit muß ganz rasch gemischt werden, indem man das mit dem Finger verschlossene Röhrchen einmal auf den Kopf stellt. Sofort danach ist die Farbtiefe mit der Standardreihe zu vergleichen. Man setze erst auf die eine, dann sofort auf die andere Seite desjenigen Vergleichsröhrchens, dessen Farbtiefe der zu messenden am nächsten kommt. Zu messen ist immer die maximale Farbtiefe, die je nach Kühlung manchmal erst nach 10 oder 20 Sek. erreicht wird. Stark trübe Lösungen dürfen nicht gemessen werden. Sind beim Verdünnen mit Wasser organische Ausscheidungen unvermeidlich, nehme man Azeton oder Azetonwasser zum Verdünnen, kühle dann aber besonders gut vor der Ammoniakzugabe ab. In diesen Fällen muß ganz besonders rasch gemessen werden. Schwache Trübungen nach Verdünnen mit Wasser werden durch Filtration entfernt. Man verwendet aliquote Teile des Filtrats, z. B. 5 oder 6 von den 7 ccm und fügt dann die genau entsprechend verringerte $NH_3$-Menge zu. An den Konzentrationsverhältnissen darf nichts geändert werden. Das Verhältnis $HNO_3 : NH_3$ und der $NH_3$-Überschuß müssen stets die gleichen sein.

Die Farbschätzungen sind so anzustellen, daß der Abstand der Farbtiefe von der des benachbarten Vergleichsröhrchens in Dezimalen angegeben werden kann. Zur Auswertung der so erhaltenen Zahlen braucht man eine Eichkurve. Man trage zu diesem Zweck auf der Abszissenachse in gleichen Abständen vom Nullpunkt die Zahlen 1—7 auf, welche die Nummern der Standardreihe bedeuten, auf der Ordinatenachse in gleichen Abständen die Zahlen 0,25, 0,5, 1, 2 und 4, welche Milligramme Rotenon im ccm bedeuten. In mehreren Meßreihen suche man nun die Lage der Werte für möglichst viele Rotenonkonzentrationen auf und verbinde durch die bestmögliche Kurve. Jeder Zwischenwert kann nun in Dezimalwerten obiger Eintragungen abgelesen werden.

Als Endwert einer Analyse kann erst der Mittelwert aus drei Ablesungen bei verschiedenen Konzentrationen betrachtet werden. Er soll im allgemeinen nicht um mehr als 10 % von dem Endwert einer zweiten Analyse abweichen.

Die aus der Eichkurve abgelesenen Werte können, wenn Derrisharz vorliegt, nur als „scheinbares Rotenon" oder Rotenonäquivalente bezeichnet werden. Zur Umrechnung in Derrisharz bedient man sich des empirischen Faktors 1,6, der sich bei allen bisherigen Untersuchungen gut bewährt hat.

Die Unsicherheit der Methode wächst mit zunehmender organischer Verunreinigung der Harze. Manchmal können auch mit strengstem Filter keine annähernd sicheren Schätzungen angestellt werden. In solchen Fällen versuche man, einen Teil der Verunreinigungen auf folgende Weise zu beseitigen. Man extrahiere das Mittel zunächst mit Benzol, filtriere, wasche gut mit Benzol nach und verdampfe das Lösungsmittel. Den Rückstand nehme man dann in einer bestimmten Menge Azeton auf.

Bei stark lehmig-grünen Färbungen empfiehlt sich mehr die folgende Arbeitsweise, für die eine eigene Eichkurve anzulegen ist. Die Standardröhrchen werden so aufgestellt, daß der untere Teil verdeckt ist und nur etwa die oberen 2 ccm der grünen Flüssigkeit sichtbar sind. Ansatz zunächst wie oben, doch wird nach der Reaktion mit 5 ccm Azeton verdünnt und nach guter Kühlung mit 10 ccm eiskochsalzgekühlter 33 %iger NaOH ganz kurz und nicht zu heftig durchgeschüttelt. Das gesamte Azeton (6 ccm) sammelt sich mit dem gesamten Farbstoff auf der Lauge.

Noch stärkere Färbungen entstehen, wenn statt 5 ccm Azeton nur 1 ccm nach der Reaktion zugefügt wird, weil sich dann die ganze Farbe in 2 ccm Azeton konzentriert. Es wird aber wieder eine neue Eichkurve notwendig.

Der Eintritt der Reaktion mit der Nitrit-Salpetersäure, der sich durch Gelbfärbung anzeigt, kann in Gegenwart mancher Stoffe so sehr verzögert werden, daß unter Umständen völlige Abwesenheit von Rotenon vorgetäuscht wird. Andere Stoffe verhindern die Reaktion nicht, schwächen aber die endgültige Blaufärbung. Solche Stoffe, die möglichst abwesend sein sollen, sind z. B. $CHCl_3$, $CCl_4$, Benzol, Fettsäuren, Türkischrotöl.

Die Färbungen können in größeren Ansätzen bei besonders sorgfältiger Tiefkühlung auch im Dubosq-Kolorimeter mit einer Standardlösung verglichen oder, was sich ganz besonders

empfiehlt, im lichtelektrischen Kolorimeter hinter Gelbfiltern absolut gemessen und mit einer Eichkurve ausgewertet werden. In der 50-ccm-Küvette des Langeschen Kolorimeters befindet sich die gekühlte, verdünnte Reaktionslösung (5facher Ansatz). Man setzt die Küvette bei angeschalteter Lampe in den Apparat, gießt sofort das eiskalte $NH_3$ hinein, rührt mit einem Glasstäbchen kurz und heftig um und liest die maximale Zeigerstellung ab.

### Violettkolorimetrie

Eine Lösung in Azeton mit einem Gehalt von höchstens 0,4 mg Derrisharz wird in einem 25-ccm-Meßkolben auf dem Wasserbad unter Absaugen des Azetons zur Trockne gebracht. Nach Abkühlen löst man den Rückstand in 2 ccm konz. $H_2SO_4$, versetzt mit 5 Tropfen 1 Vol.-%iger Lösung von $NaNO_2$ in konz. $H_2SO_4$, stopft locker zu, erhitzt 8 Min. auf dem Wasserbad und füllt nach dem Abkühlen mit konz. $H_2SO_4$ auf.

Mißt man nun die Farbtiefe in gewöhnlichen Kolorimetern, so braucht man eine mit Rotenon bereitete Vergleichslösung, was sich bei Verwendung von Absolut-Kolorimetern nach einmaliger Festlegung des Extinktionsmoduls erübrigt. Dieser beträgt z. B. bei Benutzung des Rotfilters 620 im „Leifo" (Leitz, Wetzlar) für 0,4 mg Rotenon 0,29. Auch bei dieser Methode ergeben sich Werte, die als Rotenonäquivalente bezeichnet werden müssen, weil Deguelin, Tephrosin, Isotephrosin, Toxicarol, Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin miterfaßt werden. Zur Umrechnung in Derrisharz bedient man sich des empirischen Faktors 1,4.

*Bestimmung des **Rotenons** und Deguelins.* Zur Rotenonbestimmung gibt es gravimetrische, polarimetrische und kolorimetrische Verfahren. Die ältesten Methoden bestimmen das kristallisierbare Rotenon in ätherischen oder $CCl_4$-Extrakten, erfassen also das Rotenon in höchst unvollkommener Weise, da einerseits beträchtliche Mengen dieses Stoffes gelöst bleiben, andererseits oft ziemlich unreine Produkte an Stelle des Rotenons auskristallisieren. Berücksichtigt man noch den großen Zeitaufwand und Materialverbrauch (50 g Wurzel oder bis zu mehreren 100 g an Handelspräparaten), so können jedenfalls die Äthermethoden von Roark[1]), Georgi und Gunn Lay Teik[2]) und Koolhaas[3]) als überholt gelten. Am besten arbeitete noch das gravimetrische Verfahren von Jones[4]), der 50 g gepulverte Substanz (20-Maschensieb) im Soxhlet mit $CCl_4$ 8—10 Std., bei hohem Rotenongehalt noch länger, extrahiert und den auf 25—50 ccm konzentrierten Extrakt einen Tag bei 0° stehen läßt. Das in Nadeln mit einem Mol Kristall-$CCl_4$ ausgefallene Rotenon wird in einem mit Einlage von Hartfilterpapier beschickten Goochtiegel nach Abkühlen der Flüssigkeit in Eis filtriert und mit 10—20 ccm eiskaltem $CCl_4$ ausgewaschen. Das über Nacht an der Luft getrocknete Material mit 0,719 multipliziert (Verhältnis $C_{23}H_{22}O_6 : C_{23}H_{22}O_6 \cdot CCl_4$) ergibt das vorhandene Rotenon. Eine wirklich genaue Bestimmung des Rotenons als $CCl_4$-Verbindung erfordert nach Worsley[5]) ziemliche Übung. Er gibt eine genaue Beschreibung der Ausführung des Verfahrens, bei dem er übrigens Essigester zur Extraktion verwendet. Vgl. weiterhin Rowaan[6]) sowie Cahn und Boam[7]), welche die Möglichkeit der Abscheidung von in „versteckter Form" vorliegendem Rotenon untersucht haben. Derris mit derartigem, nicht freiwillig kristallisierendem Rotenon nennen Cahn und Boam „Sumatra-Typ". Martin und Tattersfield[8])

---

[1]) Roark, R. C., Malayan Agric. J. **20**, 1932, No. 10, 498.

[2]) Georgi, C. D. V., and Teik, G. L., Dep. Agr. Straits Settlements, Scientif. Ser. 1933, No. 12, 1—30.

[3]) Koolhaas, D. R., Bull. jardin bot. Buitenzorg (3) **12**, 1932, 563; Chem. Ztrbl. 1933, II, 749.

[4]) Jones, H. A., Ind. Eng. Chem. News Edit. **9**, 1931, 301; Anal. Edit. **5**, 1933, 23; Chem. Ztrbl. 1933, II, 582.

[5]) Worsley, R. R. b. g., J. Soc. chem. Ind., Chem. u. Ind. Trans. **55**, 1936, 349—357; Chem. Ztrbl. 1937, I, 1744.

[6]) Rowaan, P. A., Chem. Weekblad **32**, 1935, 291—295; Chem. Ztrbl. 1935, II, 2270.

[7]) Cahn, R. S., and Boam, J. J., J. Soc. chem. Ind. Trans. **54**, 1935, 37—42; Chem. Ztrbl. 1935, II, 2270.

[8]) Martin, J. T., u. Tattersfield, F., Ann. Appl. Biol. **23**, 1936, 880—898.

fanden, daß Rotenon aus Harz vom „Sumatra-Typ" leichter kristallisiert, wenn man einen der kristallisationshemmenden Stoffe, das Toxicarol, durch Behandlung mit 5%iger $K_2CO_3$-Lösung entfernt hat.

Das nicht kristallisierbare Rotenon und auch das Deguelin erfassen Takei, Miyajima und Ono[1]) durch folgende sinnreiche Methode: Aus 50 g Wurzeln gewinnt man wie gewöhnlich durch Extraktion mit Äther das kristallisierbare Rotenon. In 5 g des durch Verjagen des Äthers zurückbleibenden „Rotenonharzes" werden dann die Reste des in Lösung gebliebenen Rotenons und das Deguelin zu Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin oxydiert, die als leicht kristallisierendes schwerlösliches Gemisch isoliert werden. Die beiden Verbindungen lassen sich durch Hydrierung mit Wasserstoff-Palladium-Bariumsulfat trennen, weil dabei nur die erste in leichtlösliches Iso-dihydro-dehydrorotenon übergeht, während Dehydrodeguelin unverändert bleibt. Da die Molekulargewichte praktisch gleich bleiben, sind hiermit Deguelin und Gesamtrotenon bestimmt.

Das Verfahren ist anscheinend das einzige gravimetrische, das wenigstens mit konstantem Fehler den wahren Rotenongehalt erfaßt, ferner das einzige Verfahren überhaupt zur direkten Bestimmung des Deguelins. Einer allgemeinen Verwendbarkeit der Methode steht aber ihre beträchtliche Umständlichkeit sehr hinderlich im Wege.

Als indirektes gravimetrisches Verfahren sei hier noch die Methoxylbestimmung nach Zeisel genannt.[2]) Da die bisher isolierten Derrisstoffe sämtlich Methoxylgruppen enthalten, sagen die Ergebnisse eigentlich nichts über den Rotenongehalt der Wurzel aus. Die Zahlen fallen aber auch wiederum zu niedrig aus, um als Derrisgesamtextrakt auswertbar zu sein. Rotenon und Deguelin enthalten 15,74% Methoxyl, Toxicarol 15,12%.

Alle gravimetrischen Methoden scheint das *polarimetrische* Verfahren von Danckwortt, Budde und Baumgarten[3]) aus dem Felde geschlagen zu haben. Dieses benutzt die starke optische Aktivität des Rotenons in Benzol ($[\alpha]_D^{20} = -233^0$). Als optisch aktiv kommt unter den Derris-Inhaltstoffen höchstens noch das Deguelin mit $[\alpha]_D^{20}$ in Benzol $= -23{,}2^0$ in Frage. Da Deguelin nur etwa $\frac{1}{10}$ der Giftigkeit des Rotenons besitzt, liefert die Polarisationsmethode eine Möglichkeit, mit dem Rotenon auch das Deguelin, dieses jedoch in einem seinem Wirkungswert entsprechenden Verhältnis zu erfassen.

3 g feingepulverte Droge werden mit 30 ccm Benzol 24 Stunden bei Zimmertemperatur digeriert. Die abfiltrierte Benzollösung wird im 100-mm-Rohr polarisiert. Der Rotenongehalt errechnet sich nach der Formel:

$$\% \text{ Rotenon} = \frac{\alpha \cdot 1000}{233}.$$

Vgl. die Erfahrungen von W. Fischer und Nitsche mit dieser Methode. Polarimetrisch lassen sich auch die meisten Derriszubereitungen des Handels prüfen. Rowaan[4]) warnt allerdings vor der Anwendung der polarimetrischen Methode. Er hält allein die Krystallisationsverfahren für zuverlässig. Diese sind aber bei Derriszubereitungen leider nur in seltenen Fällen anwendbar.

Vgl. zur Frage der optischen Aktivität der Derrisstoffe auch Tattersfield und Martin.[5])

Als *kolorimetrische* Rotenonbestimmungsmethoden kommen die oben beschriebenen (Blau- und Violettmethode) dann in Frage, wenn Rotenon ohne andere Derrisstoffe vorliegt. Durch die Violettmethode sind bei besonderer Arbeitsweise noch Mengen bis herunter zu etwa 0,004 mg Rotenon quantitativ erfaßbar, was keine andere Rotenonbestimmungsmethode leistet.

---

[1]) Takei, S., Miyajima, u. Ono, M., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **66**, 1933, 1833.

[2]) Clark, E. P., J. Ass. Off. agr. Chem. **15**, 1932, 136; Campbell, F. L., Sullivan, W. N. and Jones, H. A., Soap **10**, 1934, No. 3, 81—87; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2582; Danckwortt u. Mitarbeiter.

[3]) Danckwortt, P. W., Budde, H., u. Baumgarten, G., Arch. Pharm. 272, 1934, 561.

[4]) Rowaan, P. A., Arch. Pharm. **273**, 1935, 237—238; Chem. Zrtbl. 1935, II, 2114; Chem. Weekblad **33**, 1936, 9; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4203.

[5]) Tattersfield, F., and Martin, J. T., Ann. Appl. Biol. **23**, 1936, 899—916.

Ein weiteres unspezifisches, auf Rotenon also nur in Abwesenheit anderer Derrisstoffe anwendbares Verfahren ist das folgende: Von einer Azetonlösung der Probe mit 0,05—0,30 mg Rotenon/ccm mischt man im trockenen Reagenzglas 2 ccm mit 2 ccm frischer farbloser alkohol. KOH (10 g KOH + 100 ccm 95% Alkohol), stellt genau 2 Min. in ein Wasserbad von 20° und fügt 6 ccm Nitritreagens (1 Vol. $HNO_3$ (CP) + 1 Vol. wäßrige 2,5%ige $NaNO_2$-Lösung) zu, mischt, kühlt durch ständiges Schütteln im Wasserbad auf 20° während mindestens 30 Sek. und läßt 15 Min. bis zum Farbmaximum darin stehen. In den nächsten 30 Min. wird mit Rotenon, ebenso behandelt, kolorimetriert.[1] In Derrisharz wird durch dieses Verfahren die Summe von Rotenon und Deguelin erfaßt. Eine wesentlich verbesserte Vorschrift für die Gross-Smith-Methode gibt Goodhue.[2]

*Bestimmung des Toxicarols.* Haller und La Forge[3] benutzen hierzu ein Verfahren, das auf der Bildung schwerlöslicher Alkaliverbindungen beruht. Auch Jones, Campbell und Sullivan[4] sowie Martin und Tattersfield[5] bedienten sich dieses Verfahrens. Die Mutterlauge von der Rotenonkristallisation als $CCl_4$-Verbindung wird so gut wie möglich von $CCl_4$ befreit, der Rückstand in Äther gelöst und 3mal mit je 50 ccm 5%iger wäßriger $K_2CO_3$-Lösung ausgeschüttelt. Die vereinigten Alkaliauszüge werden mit Äther gewaschen, beide Äthermengen vereinigt und mit Wasser gewaschen. Die Differenz: Rotenonfreies Derrisharz minus Derrisharz nach Alkalibehandlung gibt ungefähr den Toxicarolgehalt an. Das Ansäuern der Alkaliprodukte, die teils ausfallen, teils im Alkali in Lösung bleiben, liefert kein reines Toxicarol, sondern ein Harz.

Kolorimetrisch müßte sich Toxicarol als Differenz zwischen dem Wert der Blaukolorimetrie nach Fischer und Nitsche und dem Wert nach Gross und Smith ungefähr bestimmen lassen. Eine Bestätigung hierfür steht noch aus.

## Pyrethrum

Da man die chemisch-analytischen Verfahren der Pyrethrinbestimmung zur Bewertung von Pyrethrum früher für unzuverlässig und für den insektiziden Wert nicht maßgebend hielt, griff man anfangs zu biologischen Prüfverfahren.

Nach einer von Saling[6] beschriebenen biologischen Methode werden 8 g Substanz in einem Becherglase mit 20 g Paraffinum liquidum D. A. B. im Wasserbade unter mehrmaligem gleichmäßigem Verrühren des Pulvers 1 Stunde bei 100° extrahiert. Die ziemlich dickflüssige gelbbraune Masse wird filtriert. Saling bedient sich zur Übertragung des pyrethrumhaltigen Ölfiltrates in die Mundwerkzeuge der Versuchstiere durch Austarierung graduierter Glaskapillaren. Er benutzt für die Prüfung des Extraktes Stubenfliegen und große amerikanische Schaben, die in Rückenlage fixiert werden. Als tödliche Dosis des Pyrethrumparaffinölextraktes ermittelte Saling für Stubenfliegen etwa 0,15 mg, für Schaben 10—12 mg Paraffinölextrakt eines gut wirkenden Insektenpulvers. Tattersfield und Morris[7] benutzten zur biologischen Prüfung von Pyrethrum die Blattlaus *Aphis rumicis.* Vom Normenausschuß der Insecticide and Desinfectant Manufacturers' Association[8] wurde vorgeschlagen, die Lähmungszeit von *Blatella germanica* als Maßstab für die Wirksamkeit von Pyrethrumspritzmitteln zu benutzen. Eine Schabe wird unter genau festgelegten Bedingungen mit einer konstanten Flüssigkeitsmenge bespritzt und die Zeit bis zur Rückenlage des Tieres (Lähmungszeit) mit der Stoppuhr gemessen. Es wird der Mittelwert aus 10 Proben genommen. Die Pyrethrumkonzentration ( in lbs/gallon) kann aus den Lähmungszeiten (in Sek.) an Hand einer Tabelle abgelesen werden.

---

[1]) Gross, C. R., and Smith, C. M., J. Ass. off. agric. Chemists **17**, 1934, 336—339; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1673.

[2]) Goodhue, L. D., J. Ass. off. agr. Chem. **19**, 1936, 118—120; Chem. Ztrbl. 1936, II, 2602.

[3]) Haller, H. L., and La Forge, F. B., J. Am. Chem. Soc. **56**, 1934, 2415.

[4]) Jones, H. A., Campbell, F. L., and Sullivan, W. N., J. econ. Ent. **28**, 1935, 285.

[5]) Martin, J. T., and Tattersfield, F., Ann. Appl. Biol. **23**, 1936, 880—889.

[6]) Saling, T., Ztschr. f. Desinf. u. Gesundheitsw. **20**, 1928, 38.

[7]) Tattersfield, F., and Morris, H. M., Bull. Ent. Res. **14**, 1924, 223.

[8]) Soap **8**, 1932, 107; Manschke, R., Die kranke Pflanze **9**, 1932, 44.

Trotz gelegentlich noch geäußerten gegenteiligen Meinungen[1]) kann heute aber die chemische Pyrethrumanalyse als hinreichend zuverlässige Bewertungsmethode gelten. In diesem Zusammenhange sei auch darauf hingewiesen, daß die Bewertung von Dalmatinischem Insektenpulver für die Ausfuhr auf chemischem Wege erfolgt. Zusammenstellungen der chemischen Analysenmethoden geben unter anderen Gnadinger[2]) und Mann.[3])

An *qualitativen* Reaktionen auf Pyrethrine wurde nur eine Farbreaktion auf Chrysanthemummonokarbonsäure (aus Pyr. I) von H. A, Seil[4]) beschrieben. Er erhält eine von rot über veil nach grün übergehende Färbung, nach 24 Stunden einen gelben Niederschlag, wenn er je 1 ccm Probelösung und Dénigès-Reagens (s. S. 639 unten) mischt, mit 0,4—0,5 ccm konz. $H_2SO_4$ unterschichtet und nach einigen Sekunden mischt.

Bei den *quantitativen* Verfahren hat man 3 Gruppen zu unterscheiden:

1. Semikarbazonmethoden, 2. Säuremethoden, 3. Reduktionsmethoden.

Die *Semikarbazonmethode* erfordert in der von Staudinger und Harder[5]) angegebenen Form 500 g Material, ist umständlich und besitzt nur noch historisches Interesse. Tattersfield, Hobson und Gimingham[6]) haben das Verfahren zu einer Mikromethode mit 10 g Materialverbrauch ausgearbeitet. Sie bestimmen den Stickstoffgehalt des Semikarbazongemisches der beiden Pyrethrine nach dem Preglschen Mikroverfahren der Kjeldahl-Methode. Das immer noch ziemlich zeitraubende Verfahren scheint vor anderen keine Vorzüge zu haben; die erhaltenen Werte standen nach Tattersfield, Hobson und Gimingham in guter Übereinstimmung mit den Zahlen der Säuremethode. Über abgeänderte und abgekürzte Semikarbazonmethoden berichten Weibel[7]) sowie Fleury und Levaltier.[8])

Bei den *Säuremethoden* werden die durch Verseifung der Pyrethrine entstehenden Karbonsäuren durch Wasserdampfdestillation in die flüchtige Säure aus Pyrethrin I und die unflüchtige aus Pyrethrin II getrennt und dann einzeln titriert. Tattersfield, Hobson und Gimingham arbeiteten eine „lange" und eine „kurze" Methode aus. Die erste[9]) ist ebenso umständlich wie die Semikarbazonmethode, hat vor dieser aber den großen Vorzug, die beiden Pyrethrine einzeln zu erfassen. Dies ist sehr wichtig, weil die Giftwirkung dieser Verbindungen nach den bisherigen Erfahrungen wohl recht verschieden voneinander ist und das Mengenverhältnis, in dem sie vorkommen, doch gewissen Schwankungen unterworfen ist. Die Genauigkeit der erhaltenen Werte scheint recht groß zu sein; ferner stimmte die Summe der Werte weitgehend mit den Zahlen von Gnadinger und Corl (s. u.) für die Summe der Pyrethrine überein, besonders, wenn die von Martin und Tattersfield[10]) angegebenen Verbesserungen der Säuremethode berücksichtigt wurden.

Die „kurze" Methode[11]) begnügt sich mit der Bestimmung des für die insektizide Wirkung wichtigsten Pyrethrins I. Das Verfahren dürfte neben dem Schnellverfahren von Martin und Tattersfield (s. u.) das einfachste von allen sein und sei deshalb hier wiedergegeben.

10 g Pyrethrum werden im Soxhletapparat mit etwa 50 ccm Petroläther (zwischen 40 und 50° siedend) auf einer Heizplatte im lebhaften Kochen gehalten, bis der Petroläther farblos abfließt. Die Flüssigkeit spült man in einen etwa 100 ccm fassenden langhalsigen Kolben, der sich mit einem Rückflußkühler und einem Wasserdampfdestillationsgerät passender Größe am besten durch Glasschliffe verbinden läßt. Nach Zugabe von 4—5 ccm methylalkoholischer n/1-NaOH wird die Flüssigkeit $1\frac{1}{2}$—2 Stunden lang auf dem Wasserbad erhitzt und nach Versetzen mit überschüssiger n/1-$H_2SO_4$ im Wasserdampfstrom destilliert. Die Destillation

[1]) Z. B. Sprengel, L., Weinbau u. Kellerwirtsch. **12**, 1933, 32.

[2]) Gnadinger, C. B., Pyrethrum Flowers. 2. Aufl. Minneapolis 1936.

[3]) Mann, D., Chem. Ztg. **60**, 1936, 147—149.

[4]) Seil, H. A., Soap **10**, 1934, 89—91; Audiffren, M., J. Pharmac. Chim. (8) **19** (126), 1934, 535—536; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2109.

[5]) Staudinger, H., u. Harder, H., Ann. Acad. Scient. Fennicae A. **29**, 1927, No. 18.

[6]) Tattersfield, F., Hobson, R. P., and Gimingham, C. T., J. Agric. Science **19**, 1929, 282.

[7]) Weibel, Bul. Soc. chimic (4) **41**, 1927, 10, 1411.

[8]) Fleury, P., u. Levaltier, H., J. Pharm. chimic (7) **30**, 1924, 265.

[9]) Tattersfield, F., Hobson, R. P., and Gimingham, C. T., J. agric. Science **19**, 1929, 278.

[10]) Martin, J. T., and Tattersfield, F., J. agric. Science **21**, 1931, 118.

[11]) Tattersfield, F., and Hobson, R. P., J. agric. Science **19**, 1929, 435.

unterbricht man nach Übergehen des Petroläthers und 50 ccm Wasser, sie ist beendet nach weiterem Destillieren von gesondert aufzufangenden 50 ccm Wasser. Die zuerst erhaltene Flüssigkeit wird in einem Scheidetrichter 1 Min. lang lebhaft geschüttelt, und der Petroläther nach Abtrennung der wässerigen Schicht nochmals mit etwas Wasser gewaschen. Den Petroläther gibt man darauf zu 20 ccm Wasser, die vorher mit einigen Tropfen Alkohol und Phenolphthaleinlösung und etwas Alkali bis zur schwachen Rotfärbung zu versetzen sind. Man titriert mit n/50-NaOH, bis die wässerige Schicht nach lebhaftem Schütteln in geschlossener Flasche deutlich alkalisch reagiert. Die zweiten 50 ccm Destillat und die damit vereinigten zuerst erhaltenen, bereits extrahierten wässerigen Schichten werden mit 50 ccm Petroläther im Scheidetrichter lebhaft geschüttelt. Die Petrolätherschicht fügt man darauf zu der Titrationsflüssigkeit und beendet die Titration wie vorher. Von den verbrauchten ccm n/50-NaOH werden 0,2 ccm, die der Azidität des Petroläthers zuzuschreiben sind, abgezogen. 1 ccm n/50-NaOH entspricht 6,6 mg Pyrethrin I.

Die Tattersfieldsche Gesamtsäuremethode ist mehrfach[1]) gewissen Abänderungen unterworfen worden. Wichtig ist es vor allem, Fettsäuren als Bariumsalze auszufällen, was durch die Löslichkeit der Bariumsalze der Chrysanthemumkarbonsäuren ermöglicht wird. Eines dieser Verfahren, dasjenige von Seil, sei als verhältnismäßig schnell arbeitendes hier beschrieben.

12,5 g durch ein 20—30-Maschensieb getriebene Pyrethrumblüten werden im Soxhlet mit niedrig siedendem Petroläther extrahiert, und der nach vorsichtigem Verjagen des Petroläthers erhaltene Rückstand mit 10—15 ccm n/2. alkoholischer NaOH 1—2 Stunden gekocht. Nach Umspülen und Auswaschen mit Wasser bis auf 200 ccm wird der Alkohol vorsichtig abgetrieben, bis etwa 150 ccm Flüssigkeit verblieben sind. (Nach eigenen Erfahrungen kann das Abtreiben des Alkohols auch unterbleiben). Nach Abkühlen wird die Flüssigkeit mit 1 g Kieselgur durchgeschüttelt. Man setzt 10 ccm 10%ige $BaCl_2$-Lösung hinzu und füllt mit Wasser auf 250 ccm auf.

200 ccm Filtrat werden mit 1 ccm konz. Schwefelsäure versetzt, wodurch das überschüssige Barium ausgefällt und die Chrysanthemumsäuren in Freiheit gesetzt werden. Man destilliert mit Wasserdampf bis auf 15—20 ccm Kolbeninhalt und ca. 250 ccm Destillat, das in einem Scheidetrichter aufgefangen wird.

Das Destillat wird mit je 50 ccm Petroläther 2mal ausgeschüttelt, der Petroläther mit 10 ccm Wasser 2mal ausgewaschen. 15 ccm Wasser werden nun mit n/50. NaOH gegen Phenolphthalein neutralisiert, der Petrolätherlösung zugesetzt und unter Schütteln mit n/50. NaOH titriert. 1 ccm Lauge gleich 6,6 mg Py I.

Der Destillationsrückstand wird durch einen Goochtiegel filtriert, nachgewaschen, das Filtrat mit $NaHCO_3$ alkalisch gemacht und im Scheidetrichter 2mal mit Chloroform ausgeschüttelt. Die wässerige Flüssigkeit wird mit konz. HCl angesäuert, mit NaCl gesättigt und 2mal mit je 50 ccm Äther, 2mal mit je 25 ccm Äther ausgeschüttelt. Nach Auswaschen mit 10 ccm Wasser wird die ätherische Lösung filtriert, der Äther verdampft, der Rückstand 10 Min. bei 100° getrocknet. Nach Zusatz von 2 ccm Alkohol wird erwärmt und die Säure mit 20 ccm Wasser in der Wärme gelöst. Die klare Lösung titriert man mit n/50. NaOH. 1 ccm Lauge = 3,74 mg Py II.

Die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren isolierte Chrysanthemummonokarbonsäure (die Säure aus Pyrethrin I) kann nach W. Fischer[2]) auf Grund der Reaktion von Seil (s. o.) auch in sehr kleinen Mengen, mindestens bis herunter zu 6 $\gamma$ je ccm (entsprechend 10 $\gamma$ Pyrethrin I) kolorimetrisch bestimmt werden. Die hierbei entstehenden, noch unbekannten gefärbten Verbindungen sind sehr empfindlich gegen Licht, insbesondere gelbes Licht. Da die Färbungen, die das Spektrum von rot über blau nach gelb durchlaufen, ihr Maximum im blauen Gebiet je nach Menge der Chrysanthemumkarbonsäure und je nach äußeren Bedingungen zu verschiedenen Zeiten erreichen, kommen nur Absolutmessungen in Betracht. Folgende Arbeitsweise kann empfohlen werden:

Reagentien: 1. Denigès-Reagens, 1 : 1 verdünnt, also eine Lösung von 5 g gelbem HgO in 20 ccm konz. $H_2SO_4$ und 220 ccm $H_2O$, filtriert.

---

[1]) Z. B. Seil, H. A., Soap **10**, 1934, 89—91; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2735; Ripert, J., Ann. Falsific. Fraudes **27**, 1935, 580—595; **28**, 1935, 27—38; Chem. Ztrbl. 1935, I, 3835.

[2]) Fischer, W., Ztschr. f. anal. Chem. **110**, 1938, 1—8.

2. $H_2SO_4$ (D = 1,835).

Die neutrale Titratonslauge der Säuremethoden, z. B. nach Seil, wird vom Petroläther getrennt und unter quantitativem Nachspülen auf ein solches Volumen gebracht, daß sie gemäß Titration die 0,01—0,5 mg, am besten 0,1—0,2 mg Pyrethrin I entsprechende Menge Chrysanthemumsäure in 1 ccm enthält. Man mischt nun im kleinen Erlenmeyer 2,00 ccm von Reagens (1) mit 3,00 ccm (genaue Pipette!) $H_2SO_4$, kühlt die Mischung in Eis ab, wobei etwas $HgSO_4$ ausfällt und läßt dann unter dauerndem Umschütteln und guter Eiskühlung bei sehr gedämpftem, am besten blauem Licht 4,00 ccm der Vorratslösung von chrysanthemumkarbonsaurem Na im Verlaufe von $\frac{1}{2}$—1 Min. zufließen. Jetzt bringt man die Lösung rasch auf 25°. Sobald sich der Niederschlag durch dauerndes Schütteln bei 25° gelöst hat, wird eine Stoppuhr in Gang gesetzt, die Lösung in eine Küvette gefüllt (alles unter Fernhaltung von hellem Licht!) und die Messung begonnen. Man mißt im „Leifo" mit dem Filter 570 anfangs in Abständen von 1—2 Min., später in größeren Abständen (die schwächsten Färbungen erreichen das Maximum erst nach 1 Stunde) solange, bis die Extinktion mit Sicherheit wieder abnimmt.

Bei der Messung im lichtelektrischen Kolorimeter nach Lange wird der Ansatz verdoppelt (also 4 + 6 + 8 ccm). Man benutzt die Mikroküvetten von 10 mm Schichtdicke und das Grünfilter. Die Küvette ist jeweils nur so lange dem Licht der 15-W-Lampe auszusetzen, wie für die Messung notwendig ist. Die Maxima werden hierbei früher erreicht als beim „Leifo".

Die Eichkurven für jede Kolorimeterart legt man aus etwa 5 Punkten mit Hilfe eines oder mehrerer Pyrethrumpulver fest, wobei möglichst Mengen mit einem Verbrauch von mehr als 10 ccm n/50-Lauge genommen werden sollen.

Die hohe Spezifität dieser Farbreaktion bietet die Möglichkeit zu verschiedenen Vereinfachungen der Pyrethrumanalyse, sofern lediglich auf die Bestimmung von Pyrethrin I Wert gelegt wird. Esterartige Riechstoffe, deren Entfernung mittels Wasserdampfdestillation zum Teil erhebliche Pyrethrinverluste mit sich brachte, können hier ohne weiteres mit verseift werden, da sie kolorimetrisch nicht erfaßt werden. Die Titrationswerte geben dann aber nicht mehr Pyrethrin I wieder. Da Pyrethrin II unter den obigen Bedingungen nur eine schwache grüngelbe Färbung liefert, kann nach den bisherigen Erfahrungen sogar die Trennung von Py I und Py II durch Wasserdampfdestillation unterbleiben. Man behandelt also die mit überschüssiger $H_2SO_4$ versetzte, von $BaSO_4$ milchig getrübte Lösung (s. o. Verfahren Seil) direkt wie sonst das Wasserdampfdestillat weiter. Auch hier haben die Titrationswerte keinen eindeutigen analytischen Sinn. Es ist sogar möglich, Pyrethrumpulver oder -zubereitungen (etwa 2—4 g Pulver oder entsprechende Mengen Zubereitungen) ohne vorherige Petrolätherextraktion direkt zu verseifen. Die kolorimetrischen Werte scheinen dann etwas höher auszufallen, und es ist noch nicht endgültig erwiesen, ob diese Arbeitsweise als einwandfrei gelten kann. Für Vergleichsmessungen bringt sie jedoch bei gewissen analytisch schwierigen komplizierten Pyrethrumspritzmitteln außerordentliche Erleichterungen.

Die *Reduktionsmethoden* nutzen die leichte Oxydierbarkeit der $\alpha$-Oxy-Ketone aus. Man kann für Pyrethrine ähnliche Bestimmungsmethoden wie für Glukose anwenden, weil die Zucker eine ähnliche Atomgruppierung aufweisen. In Anlehnung an die Zuckerbestimmungsmethoden benutzt man als Oxydationsmittel komplexe Kupferlösungen (Fehlingsche Lösung) oder alkalisches Kaliumferrizyanid. Das reduzierte Kupfer kann kolorimetrisch, das nicht reduzierte Kupfer und das nicht reduzierte Ferrizyanid können jodometrisch ermittelt werden.

Zunächst sei die Methode von Gnadinger und Corl[1]) wiedergegeben, da sie größere Bedeutung erlangt hat. Dazu sind folgende Flüssigkeiten nötig. a) Petroläther 90—99 % zwischen 20 und 40° destillierend, höchster Siedepunkt 60°.

b) Aldehydfreier Alkohol: 1 l 5 g m-Phenylendiaminhydrochlorid enthaltender 95 %iger Alkohol wird 24 Stunden bei öfterem Umschütteln stehen gelassen, hierauf 8 Stunden am Rückflußkühler erhitzt und nach abermaligem 24stündigem Stehen destilliert, wobei die ersten 10 % und die letzten 5 % des Destillates zu beseitigen sind. Das Destillat wird dunkel in ganz gefüllten Flaschen aufbewahrt.

[1]) Gnadinger, C. B., and Corl, C. S., J. Am. chem. Soc. **51**, 1929, 3054.

c) Basische Bleiazetatlösung: Auflösung von 20 g (Hornes) basischem Bleiazetat in 1 l frisch ausgekochtem destilliertem Wasser.

d) Alkalische Kupfersulfatlösung: Eine Auflösung von 2,5 g reinstem Kupfervitriol in ungefähr 100 ccm Wasser wird mit zunächst getrennt gehaltenen Auflösungen von 5 g reinstem Kalium-Natriumtartrat und 7,5 g reinstem Natrium-Hydroxyd in ungefähr je 100 ccm Wasser in einem 500 ccm Kolben gemischt und bis zur Marke verdünnt. Die Auflösung darf nicht über 3 Tage alt sein.

e) Folins Reagens: 150 g Natriummolybdat ($Na_2MoO_4 \cdot 2\,H_2O$) werden in 300 ccm Wasser gelöst. Die Lösung filtriert man durch ein quantitatives 15-cm-Filter in einem 1-l-Meßkolben, wäscht mit 75 ccm Wasser nach, fügt 0,1—0,2 ccm Brom hinzu und schüttelt bis zur Auflösung des Broms. Nach 1stündigem Stehen werden unter Umschütteln 225 ccm 85%ige Phosphorsäure und darauf 150 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 Vol. konz. Säure mit 3 Vol. Wasser gemischt und gekühlt) zugesetzt. Man verjagt das in Freiheit gesetzte Brom durch einen mäßig schnell durch die Flüssigkeit getriebenen Luftstrom etwa ½ Stunde lang, gibt schließlich 75 ccm 99%ige Essigsäure hinzu und verdünnt bis zur Marke.

f) Normal-Dextroselösung: Eine Auflösung von genau 1 g reiner wasserfreier Dextrose in Wasser wird in einem 200-ccm-Meßkolben mit 40 ccm aldehydfreiem Alkohol gemischt und mit Wasser bis zur Marke verdünnt. Eine verdünnte Lösung stellt man durch Mischen von 10 ccm der erster Lösung mit 210 ccm aldehydfreiem Alkohol und Verdünnen auf 250 ccm mit Wasser her. 10 ccm dieser Lösung enthalten 2 mg Dextrose. Die starke Lösung ist mehrere Monate, die verdünnte Lösung nur 1 Woche haltbar.

An Apparaten werden gebraucht ein konstantes auf 78° ± 0,2° einstellbares Wasserbad, ein Kolorimeter nach Dubosq oder Klett mit künstlicher Lichtquelle, Folinsche Zuckerröhrchen.

| Dextrose mg | Pyrethrin I mg | Pyrethrin I u. II mg | Dextrose mg | Pyrethrin I mg | Pyrethrin I u. II mg |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,750 | 4,87 | 5,19 | 1,900 | 11,96 | 12,76 |
| 0,800 | 5,14 | 5,48 | 2,000 | 12,71 | 13,56 |
| 0,900 | 5,69 | 6,07 | 2,100 | 13,49 | 14,39 |
| 1,000 | 6,24 | 6,66 | 2,200 | 14,31 | 15,26 |
| 1,100 | 6,81 | 7,26 | 2,300 | 15,17 | 16,18 |
| 1,200 | 7,39 | 7,88 | 2,400 | 16,09 | 17,16 |
| 1,300 | 7,99 | 8,52 | 2,500 | 17,05 | 18,19 |
| 1,400 | 8,60 | 9,17 | 2,600 | 18,11 | 19,32 |
| 1,500 | 9,23 | 9,85 | 2,700 | 19,52 | 20,53 |
| 1,600 | 9,88 | 10,54 | 2,800 | 20,55 | 21,92 |
| 1,700 | 10,55 | 11,25 | 2,875 | 21,59 | 23,03 |
| 1,800 | 11,24 | 11,99 | | | |

20 g zerkleinerte Pyrethrumblüten (30-Maschensieb) werden im Soxhletapparat 5 Stunden mit Petroläther ausgezogen.

Man filtriert den Auszug nach mindestens ½stündigem Stehen bei 20° durch ein quantitatives Filter in ein 400-ccm-Becherglas, gibt einige Körnchen ausgeglühten Sand hinzu und verjagt den Petroläther unterhalb 75°. Unmittelbar nach dem Vertreiben des letzten Petroläthers spült man den Rückstand mit 80—85 ccm heißem aldehydfreiem Alkohol in einen 100-ccm-Meßkolben, fügt zu der heißen Flüssigkeit 15 ccm basische Bleiazetatlösung und füllt heiß bis zur Marke auf. Nach lebhaftem Umschütteln wird auf 20° abgekühlt und mit Alkohol auf 100 ccm aufgefüllt. Man filtriert, fügt 1 g kalzinierte Soda hinzu, läßt unter häufigem Umschütteln 15 Min. lang stehen, filtriert und gibt 10 ccm des klaren Filtrates und darauf 6 ccm alkalische Kupferlösung unter Umschütteln in ein Folinsches Kölbchen. Weiter gibt man 10 ccm der Dextroselösung (2 mg Dextrose) und 6 ccm alkalische Kupferlösung unter Umschütteln in ein zweites Folinsches Kölbchen. Die Röhrchen werden in einem konstanten Bad von genau 78° Temperatur 45 Min. lang erhitzt, 3 Min. lang in Wasser von 20° abgekühlt

und darauf mit 10 ccm Folinschem Reagens versetzt. Nach 3 Min. langem Stehen schüttelt man um und füllt in einem Meßkolben von 100 ccm bis zur Marke mit Wasser auf. Nach Filtration der Pyrethrinlösung durch einen Goochtiegel mit grobem Asbest (Filtration der Dextroselösung ist nicht nötig) werden die Lösungen in dem Kolorimeter verglichen und die der unbekannten Lösung äquivalente Menge Dextrose und weiter unter Benutzung der Tabelle die Menge Pyrethrin in der untersuchten Pyrethrumprobe berechnet.

Kupferreduktion durch Dextrose und Pyrethrine. Dritte Reihe berechnet für eine Mischung gleicher Teile Pyrethrin I und II.

Raupp[1]) arbeitet zunächst nach den Prinzipien der Gnadinger-Corl-Analyse, erhitzt jedoch nicht 45 Min. im konstanten Bad von 78°, sondern kocht 2 Min. im Erlemeyer und titriert das unverbrauchte zweiwertige Kupfer nach Zusatz von KJ und Schwefelsäure mit n/10-Thiosulfat.

Die geringsten Materialmengen, 0,5 g bis herunter zu 0,1 g, d. h. eine einzige Blüte, erfordert die Methode von Martin und Tattersfield[2]), die jedoch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, jedenfalls außerordentliche Sorgfalt in der Ausführung erfordert.

Man erhitzt hierbei den nach besonderem Verfahren proteinfrei gemachten Blütenauszug 45 Min. auf dem Wasserbad mit einer gestellten alkalischen Ferrizyanidlösung und titriert das Jodäquivalent des unverbrauchten Ferrizyanids mit n/200-Thiosulfatlösung. Die Differenz von Analyse und einem Blindversuch wird mit Hilfe einer Eichkurve ausgewertet.

Ripert[3]) hat die Pyrethrinbestimmungsmethoden einer eingehenden Kritik unterzogen. Er hält alle Verfahren für mehr oder minder unzuverlässig, weil bei den Säuremethoden unwirksame Säuren, bei den Semokarbazon- und Reduktionsmethoden nichtgiftiges Methylpyrethrolon mitbestimmt werden. Von letzterem will er 0,1—0,4 % in Pyrethrum gefunden haben. Vgl. dazu die Erwiderung von Chevalier[4]) sowie die Entgegnung von Gaudin[5]) an Chevalier mit dem Hinweis auf das Gaudinsche Prüfungsverfahren.[6])

Andere Arbeiten zeigen jedoch, daß die Ripertsche Kritik zumindest nicht in dem Umfange berechtigt ist. Gnadinger und Corl[7]) wurden durch die Einwendungen zunächst zu einer Nachprüfung ihrer Methode veranlaßt. Sie fanden in dem Ausschütteln der Petrolätherlösungen mit verdünnten wässerigen $KMnO_4$-Lösungen ein Mittel, die Pyrethrine von Pyrethrolon und Methylpyrethrolon zu trennen. Diese beiden werden dabei sofort oxydiert und entfernt, jene nur zu etwa 4 %. Petrolätherextrakte frischer Blüten wurden ebenfalls nicht stärker oxydiert, solche aus 10 Monate alten Blüten allerdings bereits zu 15 %. Es scheint demnach, als ob sich Pyrethrolon und sein Methyläther in alten Blütenpulvern tatsächlich anreichern. Die Produkte, die aus den Pyrethrinen durch Licht und Lufteinwirkung entstehen und die in der Hauptsache die Wertverminderung des Pyrethrums beim Lagern bedingen, sind kaum für den hohen Permanganatverlust verantwortlich zu machen. Gnadinger und Corl stellten nämlich fest, daß die veränderten Pyrethrine bei 20° nur zu 0,004 % in Petroläther löslich sind, bei normalen Analysen also nur zu einem kleinen Teil miterfaßt werden.

Weiter zeigte Richardson[8]), daß auch die kurze Säuremethode imstande ist, den Pyrethrinverlust in absichtlich (durch abwechselndes Befeuchten und Trocknen) verändertem Pyrethrum wiederzugeben. Auch Wilcoxon und Hartzell[9]) halten die Ripertsche Kritik an der Säuremethode für unberechtigt, weil diese Methode die Giftigkeit der Pyrethrine in Blüten im Vergleich zu reinen Pyrethrinen eher etwas unterschätzt, nicht aber durch Miterfassung anderer Säuren überschätzt.

---

[1]) Raupp, O., Süddeutsch. Apoth.-Ztg. **75**, 1935, 216; Chem. Ztrbl. 1935, I, 3706.
[2]) Martin, J. T., and Tattersfield, F., J. Agric. Science **21**, 1931, 115.
[3]) Ripert, J. Ann. Falsific. Fraudes **24**, 1931, 325; Chem. Ztrbl. 1931, II, 2202.
[4]) Chevalier, J., Ann. Falsific. Fraudes **25**, 1932, 525—528; Chem. Ztrbl. 1933, I, 997.
[5]) Gaudin, O., Ann. Falsific. Fraudes **26**, 1933, 26; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3486.
[6]) Gaudin, O., Chem. Ztrbl. 1932, I, 3208.
[7]) Gnadinger, C. B., and Corl, C. S., J. Am. Chem. Soc. **55**, 1933, 1218—1223.
[8]) Richardson, H. H., J. econ. Ent. **24**, 1931, 1098—1106.
[9]) Wilcoxon, F., and Hartzell, A., Contrib. Boyce Thompson Inst. **5**, 1933, 115—127.

Endlich sei auch auf die mehrfach festgestellten Übereinstimmungen der chemisch-analytischen Werte der verschiedenen Methoden untereinander hingewiesen. Tattersfield, Hobson und Gimingham fanden Übereinstimmung zwischen Semikarbazon- und Säuremethode, Martin und Tattersfield zwischen Säure- und Gnadinger-Corl-Methode. Ripert konnte allerdings diese Angaben nicht bestätigen.

Übereinstimmung zwischen analytischen und biologischen Befunden erhielten unter anderen Martin und Tattersfield (bei *Aphis rumicis*), Richardson (bei *Musca domestica*), Hartzell und Wilcoxon[1] (bei *Aphis rumicis*). Die schlechte Übereinstimmung zwischen chemischen und biologischen Daten in den Versuchen von Profft und Körting[2]) ist vielleicht auf das wenig geeignete biologische Objekt (Kornkäfer) zurückzuführen. Vgl. Sprengel.[3])

Der Analysengang von Pyrethrumzubereitungen des Handels muß den jeweils vorhandenen Begleitstoffen angepaßt werden. Während die Gnadinger-Corl-Methode bei solchen Mischungen oft versagt, ist die Säuremethode nach geeigneter Vorbehandlung der Mittel stets anwendbar. Esterartige Riechstoffe müssen sehr sorgfältig durch Wasserdampfdestillation entfernt werden, wobei allerdings Verluste an Pyrethrinen bis zu 25% auftreten können[4]); Seifen koaguliert Deshusses[5]) durch $MgCl_2$ oder $CaCl_2$. Nichtkoagulierbare Emulgatoren sind schwerer zu entfernen; man versucht das in viel Sand aufgenommene Mittel mit Petroläther zu extrahieren. Emulgatorfreie Petroleumextrakte sind leicht zu analysieren.[6]) Vergleichende Wertbestimmungen von Pyrethrumzubereitungen geben Gnadinger und Corl[7]) an.

## Scilla

Zum qualitativen Nachweis von Meerzwiebel-Extraktstoffen sind verschiedene Reaktionen angegeben worden.[8]) Einige Milligramm Scillaextrakt, in verd. Alkohol gelöst, mit konz. Salzsäure bis zur Farblosigkeit verdünnt und nach Zusatz einer Spur a-Naphthol erhitzt, geben eine rosa bis rote Färbung. Schüttelt man 1 g zerriebenen Extrakt mit 10 ccm Äther, filtriert, verjagt den Äther in einer Porzellanschale und löst den Ätherrückstand in 4 ccm Resorzin-Schwefelsäure (0,05 g Resorzin in ccm konz. $H_2SO_4$), so entsteht eine zunächst olivgrüne, dann braune, grünfluoreszierende Lösung. Eine violette bis blaue Lösung erhält man, wenn man den aus Meerzwiebelessig mit Bleiazetatlösung entstehenden Niederschlag in Salzsäure löst, die braungelbe Lösung mit HCl bis zur Farblosigkeit verdünnt und kocht.

Chemische Verfahren zur quantitativen Bewertung der Meerzwiebel und ihrer Zubereitungen gibt es zur Zeit noch nicht.

## Quassia

Eindeutige Analysenmethoden sind noch nicht bekannt.

Zur Erkennung von Verfälschungen (Zusätze fremder Hölzer, bereits ausgelaugtes Quassiaholz) dienen die mikroskopische Prüfung, die Reaktion mit Eisenchlorid auf Gerbsäure, die negativ ausfallen muß und die Kochprobe mit Wasser, bei der nicht bereits ausgelaugtes Holz etwa 15% an Wasser abgeben muß.

Eine qualitative Probe auf Quassiin in Extrakten beschreiben Mach und Lederle.[9])

---

[1]) Hartzell, A., and Wilcoxon, F., Contr. Boyce Thompson Inst. **4**, 1932, 107.

[2]) Profft, E., u. Körting, A., Landwirtsch. Jahrb. **79**, 1934, 415.

[3]) Sprengel, L., Weinbau u. Kellerwirtsch. **12**, 1933, 32.

[4]) Graham, J. J. T., Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. **8**, 1936, 222; Chem. Ztrbl. 1937, I, 1765.

[5]) Deshusses, L. A. u. J., Mitt. Lebensmitteluntersuch. Hygiene **21**, 1930, 304.

[6]) Vollmar, R. C., Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. **3**, 1931, 110.

[7]) Gnadinger, C. B., and Corl, C. S., Ind. Eng. Chem. **24**, 1932, 988.

[8]) Vgl. Chem.-Ztg. **62**, 1938, 63.

[9]) König, J., Untersuch. landwirtsch. wichtiger Stoffe, 5. Aufl., 1926, S. 878.

## Fette und Öle

Zur chemischen Charakterisierung der fetten Öle[1]) bestimmt man die Gesamtfettsäuren, die Säurezahl (S.Z.), Verseifungszahl (V.Z.), Esterzahl (E.Z. = V.Z. — S.Z.), die unverseifbaren Bestandteile (U.V.), Reichert-Meißl-Zahl (R.M.Z., gibt niedrig molekulare Fettsäuren an), Azetylzahl (A.Z., gibt Hydroxylgruppen an), Jodzahl (J.Z., gibt ungesättigte Fettsäuren an), Rhodanzahl (Rh.Z.) und Hexabromidzahl (geben beide Linolensäure an), Oktobromidzahl (gibt hochungesättigte Fettsäuren an).

## Seifen

Die Analyse erfolgt zweckmäßig nach den allgemeinen Prüfverfahren für Seifen- und Seifenpulver, eingetragen unter Nr. 871 A in die Liste des Reichsausschusses für Lieferbedingungen (RAL. Buchverlag, G. m. b. H., Berlin S 14).

Die *Gesamtfettsäuren* ermittelt man durch Ansäuern einer Lösung von 3—5 g Seife in Wasser, Ausäthern und Wägen der Fettsäuren. Unverseiftes Fett und Mineralöle werden hierbei allerdings mitbestimmt. *Harzsäuren* können gravimetrisch oder einfacher, aber weniger genau titrimetrisch bestimmt werden, indem man das Gemisch der Gesamtfettsäuren der Verseifung mit Methanol und Schwefelsäure unterwirft, wobei die Harzsäuren unverestert zurückbleiben. Unverseiftes *Neutralfett* und Unverseifbares bestimmt man nach Spitz-Hönig durch Ausschütteln einer Lösung von 10—15 g Seife in 60%igem Alkohol mit reinem Petroläther. Verseift man diesen Extrakt und behandelt ihn dann abermals nach Spitz-Hönig, so ergibt die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Petrolätherextrakt den Gehalt an unverseiftem Neutralfett. *Freie Fettsäuren* werden mit alkoholischer Lauge in 60%igem Alkohol titriert und als Ölsäure berechnet. *Freies Alkali*, als welches NaOH und KOH gelten, wird durch Phenolphthaleinrötung absolut-alkoholischer Seifenlösung qualitativ erkannt und durch Titration mit alkoholischer Salzsäure in Gegenwart von entwässertem Natriumsulfat bestimmt. *Kohlensaures Alkali* ist annähernd im Geißlerschen Apparat durch die Gewichtsabnahme nach Entbindung der Kohlensäure durch Salzsäure, genauer nach Fresenius-Classen[2]) zu bestimmen. Für die *Wasser*bestimmung ist die Destillation mit Benzoldampf und Auffangen des mitgerissenen Wassers geeignet. *Nebenbestandteile* organischer und anorganischer Natur, Chloride, Wasserglas, Borate u. dgl. und der *Gebrauchswert* der Seifen können durch besondere Verfahren bestimmt werden.

Eine „Oberflächenspannungs-Titration" zur Bestimmung des Seifengehaltes in Lösungen beschreibt P. Ekwall.[3])

Verbesserungen für die üblichen Prüfverfahren gibt Grosser[4]) an. Eine technische Schnellanalyse beschreibt Paguiello.[5]) Leithe und Heinz[6]) bestimmen die Fettsäuren in wenigen Minuten refraktometrisch.

## Naphthensäuren

Zur Charakterisierung der Qualität dienen Farbe, Geruch und Säurezahl. Zur Unterscheidung der Naphthenate von gewöhnlichen Seifen eignet sich das benzinlösliche Cu-Salz der ersteren[7]), ferner das Ferri- und das Mg-Salz.

Unterscheidungsmerkmale zwischen Naphthensäuren und Mineralölsulfosäuren geben v. Pilat und Sereda[8]) an.

---

[1]) Vgl. Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 252.

[2]) Treadwell, F. P., **2**, 1913, 322—323.

[3]) Ekwall, P., Ref. Chem. Ztrbl. 1933, II, 3507.

[4]) Grosser, J., Seifensieder-Ztg. **56**, 1929, 127.

[5]) Paguiello, A., Nuova Riv. Olii vegetali Saponi **35**, 1935, 70—71; Chem. Ztrbl. 1936. I, 2859.

[6]) Leithe, W., u. Heinz, H. J., Ang. Chem. **49**, 1936, 412—414.

[7]) Charitschkow, K., Chem. Rev. Fett u. Harz Ind. **16**, 1909, 110; Chem. Ztg. **35**, 1911, 463.

[8]) v. Pilat, St., u. Sereda, J., Fettchem. Umschau **41**, 1934, 171—174, 200—204, 237—241; Chem. Ztrbl. 1935, I, 3229.

## Sulfonierte Öle

Der Gesamtfettgehalt läßt sich durch Verseifen der Ester mit kochenden verdünnten Säuren bestimmen; benutzt man HCl, so kann gleichzeitig die gesamte Schwefelsäure ermittelt werden.

Die ausgeschiedenen Fettsäuren kann man volumetrisch durch das Volumen der geschmolzenen Schicht nach Finsler-Breinl oder gravimetrisch nach Ausäthern nach Herbig[1]) oder gravimetrisch durch die „Kuchenmethode"[2]) bestimmen.

Die anorganisch gebundene Schwefelsäure, also die anwesenden Sulfate, lassen sich durch Kochsalzlösung in Gegenwart von Äther ausziehen. Durch Abzug der an Alkali gebundenen Schwefelsäure von der Gesamtschwefelsäure ergibt sich das organisch gebundene $SO_3$, das aber auch direkt bestimmbar ist. Der Sulfierungsgrad in Prozenten ist gleich 100mal organisch gebundenes $SO_3$ dividiert durch (Gesamtfett + organisch gebundenes $SO_3$).

Bezüglich des praktischen Verhaltens interessiert im Pflanzenschutz besonders die Beständigkeit gegen Aussalzen, das Lösungsvermögen für flüchtige Stoffe, das Emulgierungsvermögen für Öle und das Netzvermögen. Die Beständigkeit gegen Aussalzen wird gegenüber Säuren, Alkalien, Kalkwasser, Kalziumazetat, $CaSO_4$ und $MgSO_4$ geprüft. Lösungs- und Emulgierungsvermögen für Zusätze kann man z. B. mit $CCl_4$ und Olivenöl prüfen, wobei die Löslichkeit bzw. Emulsionshaltbarkeit der Mischungen nach Verdünnen mit Wasser zu beobachten ist. Weiteres siehe Ullmann[3]) sowie „Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Türkischrotölen, RAL 839A, 1933" (Buchverlag, G.m.b.H., Berlin S. 14).

Eine Methode zur Bestimmung des Fettgehaltes sulfonierter Öle als Differenz zwischen 100 und der Summe von neutralisiertem, organisch gebundenem $SO_3$, Na oder $NH_3$ als Seife, anorganischen, nicht flüchtigen Verunreinigungen und Wasser gibt R. Hart[4]) an.

Die Bestimmung des Sulfations in sulfonierten Ölen beschreiben Neuber und Wächter.[5]) Zur Bestimmung anorganischer Salze vgl. auch Hart[6]), zur Bestimmung des organisch gebundenen $SO_3$ vgl. Hart[7]).

Die Analyse von sulfonierten Fettalkoholen (Fettalkohol-schwefelsäureestern) erfolgt nach Lindner, Russe und Beyer[8]) durch Verseifen mit siedender Salzsäure, Ausschütteln der Fettalkohole mit Petroläther und Trocknen des Petrolätherrückstandes, der die regenerierten Fettalkohole enthält. Aus an der Doppelbindung sulfonierten ungesättigten Alkoholen wird allerdings nicht der zugrundeliegende Alkohol rückgebildet. Für die angenäherte Bestimmung etwa vorhandener echter Sulfosäuren geben die Autoren ein besonderes Verfahren an.

## Kasein

Die Analyse erfolgt zweckmäßig nach den Prüfverfahren des RAL. (Vertrieb: Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin S 14). Milchsäurekasein ist in Boraxlösung im Gegensatz zu Labkasein löslich. Zur genaueren Kennzeichnung dienen unter anderem Wasser-, Asche-, Eiweiß-, Fett- und Säuregehalt.

Vgl. zur Wertbestimmung auch Bradford.[9])

---

[1]) Herbig, W., Chem. Umschau Fette, Öle, Wachse, Harze **13**, 1906, 243; Farben-Ztg. 23, 1912, 90; 25, 1914, 169.

[2]) Benedikt, R., Ztschr. f. chem. Ind. 1, 1887, 325; Krüger, E., Chem. Ztg. **30**, 1906, 123.

[3]) Ullmann, F., Enzyklop. d. techn. Chem. **9**, 1932, 811.

[4]) Hart, R., Chem. Umschau Fette, Öle, Wachse, Harze **39**, 1932, 156; Chem. Ztrbl. 1932, II, 2560.

[5]) Neuber, F., u. Wächter, H., Z. f. analyt. Chem. **91**, 1933, 425; Chem. Ztrbl. 1933, I, 2483.

[6]) Hart, R., Ind. Eng. Chem., Analyt. Ed. **6**, 1934, 220; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1546.

[7]) Hart, R., Am. Dyestuff Reporter **22**, 1934, 695; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1546.

[8]) Lindner, K., Russe, A., u. Beyer, A., Fettchem. Umschau **40**, 1933, 93—96; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2310.

[9]) Bradford, H. C., Paper Mill Wood Pulp News **66**, 1933, Nr. 8, 2; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3145.

## Leim, Gelatine

Der Glutingehalt läßt sich durch Fällen mit Gerbsäure auch in verdünntesten Lösungen bestimmen, ist aber ohne besonderen praktischen Wert. Am besten werden die für den Verwendungszweck entscheidenden physikalischen Eigenschaften direkt geprüft. Vgl. Ullmann.[1])

## Saponine

Der Nachweis von Saponinen, insbesondere ihre Unterscheidung von anderen, in wässeriger Lösung schäumenden Glukosiden kann geführt werden durch Fällungs-, Farb- und biologische Reaktionen. Recht charakteristisch sind die Färbungen mit Schwefelsäure oder mit Azetanhydrid und Schwefelsäure. Sehr kennzeichnend für Saponine ist die Hämolyse besonders von Kaninchen- und Meerschweinchenblut und die Hemmung der Hämolyse durch Cholesterin.

Zur exakten Charakterisierung der Saponine benutzen Ulzer und Haas[2]) die Reduktionskraft des durch HCl abgespaltenen Zuckers (Zuckerzahl), die aus der Fettchemie bekannte Hydroxylzahl und andere Kennzahlen.

In Ölemulsionen kann Saponin nach Carlinfanti und Marzocchi[3]) durch Extraktion mit Alkohol, Ausschütteln dieser Lösung mit Phenol nach Brunner[4]) und Anstellung der Schwefelsäurefarbreaktion festgestellt werden.

## Gerbsäuren

Gerbsäuren bestimmt man in wässerigen Auszügen nach der internationalen Hautpulvermethode als Differenz des Trockenrückstandes der Lösung vor und nach dem Fällen mit reinem Hautpulver. Statt Hautpulver kann man auch Gelatine verwenden. Nur für Gerbstoffe spezifisch ist die Leimfällung jedoch nicht. Andere Fällungsmittel für Tannine sind die Alkaloide.

## Gummen

Die Wertbestimmung richtet sich nach dem Verwendungszweck. Den Säuregrad kann man mit Lauge und Phenolphthalein titrieren. Am wichtigsten ist die Viskosität der Lösungen, die den Zustand des Kolloids am besten kennzeichnet. Reinheitsprüfung vgl. D. A. B.

## Dextrin, Stärke

Analyse vgl. Lunge-Berl oder Ullmann.[5])

## Triäthanolamin

Zum Nachweis des Triäthanolamins in Seifen-, Fett- und Harzemulsionen schlagen Garelli und Tettamanzi[6]) die Farbreaktion mit $Co^{II}$-Salzen vor. Eine 1%ige wässerige Lösung gibt z. B. mit 2 Tropfen 5%iger $CoCl_2$-Lösung und 1 Tropfen Ammoniak eine starke purpurviolette, beim Erwärmen blauwerdende Färbung. Empfindlichkeitsgrenze 1 : 2000. Empfindlicher noch als diese Methode, die übrigens zum Nachweis des Triäthanolamins in Seifen und Emulsionen nicht brauchbar sein soll[7]), ist der Nachweis und die kolorimetrische Bestimmung mit Ni-Salzen.[8])

---

[1]) Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 601.

[2]) Ulzer, F., u. Haas, W., Pharmaz. Mh. **15**, 1934, 95—97; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1171.

[3]) Carlinfanti, E., u. Marzocchi, P., Boll. Chim. Pharm. **50**, 1911, 609.

[4]) Brunner, Ztschr. Unters. Nahrungs- u. Genußm. **5**, 1902, 1197.

[5]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch. Meth. 7. Aufl., **4**, 1924, 118; Ullmann, F., Enzyklop. d. techn. Chem. **3**, 1929, 640.

[6]) Garelli, F., u. Tettamanzi, A., Ind. chimica **8**, 1933, 577—578; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1064.

[7]) Simon, W. E., Pharmaz. Ztg. **79**, 1934, 842; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2717.

[8]) Jaffe, E., Ind. chimica **9**, 1934, 151—153; Chem. Ztrbl. 1934, II, 642.

## Hexalin

Das Hexalin wird aus der Seife in möglichst wasserfreiem Zustande herausgeholt. Dieses läßt sich mittels Xylol nach einer etwas umständlichen Weise erreichen. Man azetyliert die Hexaline in Xylollösung mit Azetanhydrid, zersetzt den Überschuß des letzteren mit Wasser, wäscht die Essigsäure gründlich aus, trocknet und bestimmt die Verseifungszahl des azetylierten Öles. Aus der Verseifungszahl des säurefrei gewaschenen Azetylierungsproduktes läßt sich der Alkoholgehalt der ursprünglichen Xylollösung berechnen.[1])

## Wasser

Vgl. Klut, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, 6. Aufl., Berlin 1931.

## Talkum

Analyse: R. H. Auch.[2])

---

[1]) Näheres Seifensieder-Ztg. **51**, 1924, 859 u. 877.

[2]) Auch, R. H., Methoden zur Bewertung von Talk. Amer. Perfumer essent. oil Rev. **28**, 1933, 245—247; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3057.











